

c)

## TROUBLE DIAGNOSTIC DEVICE FOR INTAKE AIR FLOW CONTROL VALVE

**Publication number:** JP2001152943 (A)

**Publication date:** 2001-06-05

**Inventor(s):** OGIMURA TOMOHIKO; KAWAI TAKASHI; SHIBAGAKI NOBUYUKI

**Applicant(s):** TOYOTA MOTOR CORP

**Classification:**

- international: *F02M35/104; F02D9/02; F02D11/06; F02D41/04; F02D41/14; F02D41/22; F02D43/00; F02M35/104; F02D9/02; F02D11/06; F02D41/04; F02D41/14; F02D41/22; F02D43/00; (IPC1-7): F02D41/22; F02D9/02; F02D11/06; F02D41/04; F02D43/00; F02M35/104*

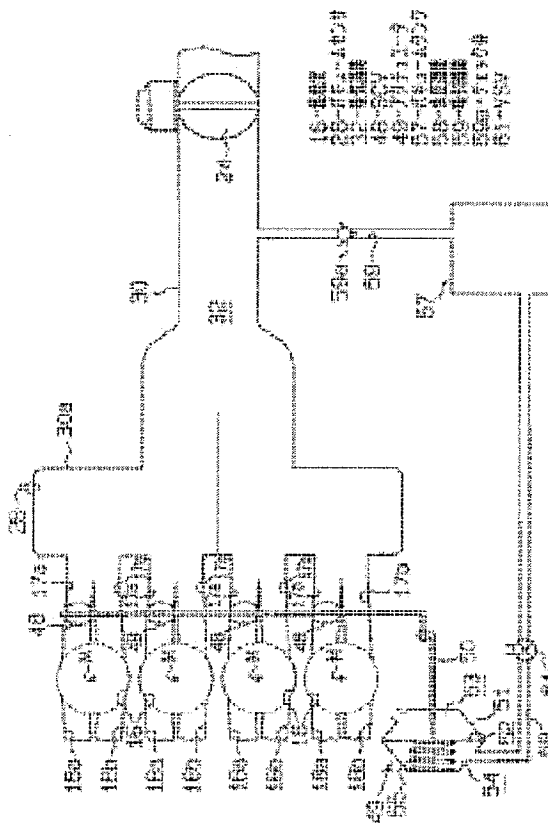
- European:

**Application number:** JP19990334275 19991125

**Priority number(s):** JP19990334275 19991125

### Abstract of JP 2001152943 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a trouble-diagnostic device for an intake air flow control valve to perform high-precise diagnosis of the trouble of the intake air flow control valve. **SOLUTION:** Since, when indication of a valve position based on a SCV 48 is different from an actual valve position, a fuel injection amount comes to a value improper to an actual valve position, a feedback correct factor FAF to correct a fuel injection amount so as to control an air-fuel ratio to a theoretical air-fuel ratio is regulated and comes to a value separate away from a reference value '1.0'. An average value FAFAV of a feedback correction factor FAF when an engine operation state is a stable state and indication to one valve position is made on the SCV 48 is stored.; Thereafter, forced switch of the SCV 48 to other valve position is indicated and an average value FAFAV when an engine operation state is a stable state and the indication after switch is effected is stored. The presence of the occurrence of abnormality at the SCV 48 is decided based on the average value FAFAV.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

C)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-152943

(P2001-152943A)

(43) 公開日 平成13年6月5日 (2001.6.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
F 0 2 D 41/22	3 3 0	F 0 2 D 41/22	3 3 0 M 3 G 0 6 j
9/02		9/02	R 3 G 0 8 4
	3 6 1		3 6 1 H 3 G 3 0 1
11/06		11/06	J
41/04	3 3 0	41/04	3 3 0 C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-334275

(22) 出願日 平成11年11月25日 (1999. 11. 25)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 荻村 友彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 川合 孝史

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣

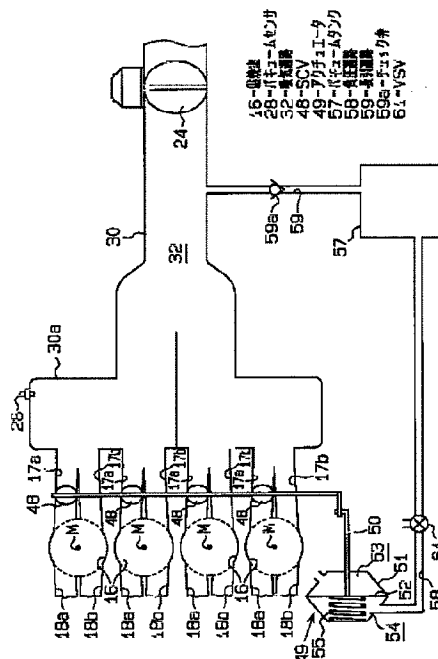
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 吸気流制御弁の故障診断装置

(57) 【要約】

【課題】 吸気流制御弁の故障診断を精度良く行うことのできる吸気流制御弁の故障診断装置を提供する。

【解決手段】 SCV48に対する弁位置の指示と実際の弁位置とが異なると、燃料噴射量が実際の弁位置に対して不適切な値になるため、空燃比を理論空燃比に制御すべく燃料噴射量を補正するためのフィードバック補正係数FAFが増減して基準値「1.0」から離れた値になる。そして、機関運転状態が安定した状態にあって、SCV48に対して一方の弁位置への指示がなされているときのフィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVが記憶される。その後、SCV48に対して他方の弁位置への強制的な切り換えが指示され、機関運転状態が安定した状態にあって、上記切り換え後の指示がなされているときの平均値FAFAVが記憶される。そして、それら平均値FAFAVに基づきSCV48での異常発生の有無が判断される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】内燃機関の吸気通路に設けられ、開弁指示に基づき開弁位置に制御されるとともに閉弁指示に基づき閉弁位置に制御されることにより、燃焼室内のガスの流動状態を変更する吸気流制御弁の故障診断装置において、

前記開弁指示と前記閉弁指示とのいずれの指示がなされているかに応じて、内燃機関の燃料噴射量を前記吸気流制御弁が開弁位置にある状態に対応した値と、前記吸気流制御弁が閉弁位置にある状態に対応した値との間で切り換える噴射量切換手段と、

内燃機関の空燃比に基づき所定の基準値を中心に増減するフィードバック補正値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより前記空燃比を理論空燃比に近づける噴射量補正手段と、

機関運転状態が安定した状態にあって、前記開弁指示がなされているときの前記フィードバック補正値と、前記閉弁指示がなされているときの前記フィードバック補正値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断する判断手段と、

を備えることを特徴とする吸気流制御弁の故障診断装置。

【請求項2】請求項1記載の吸気流制御弁の故障診断装置において、

機関運転状態が安定しているとき、前記吸気流制御弁の弁位置を一方の弁位置から他方の弁位置に強制的に切り換えるための指示を行う切換指示手段を更に備え、

前記判断手段は、前記切換指示手段による切換指示前の前記フィードバック補正値と、同切換指示後のフィードバック補正値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断することを特徴とする吸気流制御弁の故障診断装置。

【請求項3】前記切換指示手段は、前記吸気流制御弁の強制的な切換指示に伴う機関出力トルクの変化が所定値以下になる機関運転状態であることを条件に、前記吸気流制御弁の強制的な切換指示を行う請求項2記載の吸気流制御弁の故障診断装置。

【請求項4】内燃機関の吸気通路に設けられ、開弁指示に基づき開弁位置に制御されるとともに閉弁指示に基づき閉弁位置に制御されることにより、燃焼室内のガスの流動状態を変更する吸気流制御弁の故障診断装置において、

前記開弁指示と前記閉弁指示とのいずれの指示がなされているかに応じて、内燃機関の燃料噴射量を前記吸気流制御弁が開弁位置にある状態に対応した値と、前記吸気流制御弁が閉弁位置にある状態に対応した値との間で切り換える噴射量切換手段と、

内燃機関の空燃比に基づき所定の基準値を中心に増減するフィードバック補正値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより前記空燃比を理論空燃比に近づけると

ともに、機関運転状態が安定である条件のもとで前記フィードバック補正値に基づき前記基準値を中心に増減する空燃比学習値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより、前記フィードバック補正値を前記基準値が含まれる所定範囲内に収束させる噴射量補正手段と、

前記開弁指示中に前記フィードバック補正値が前記所定範囲内に収束したときの前記空燃比学習値を開弁学習値として学習し、前記閉弁指示中に前記フィードバック補正値が前記所定範囲内に収束したときの前記空燃比学習値を閉弁学習値として学習する学習手段と、

前記開弁学習値と前記閉弁学習値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断する判断手段と、  
を備えることを特徴とする吸気流制御弁の故障診断装置。

【請求項5】前記空燃比学習値は、機関運転状態に応じて区分される複数の空燃比学習領域毎にそれぞれ設定されるものであり、

前記判断手段は、各空燃比学習領域毎に前記開弁学習値と前記閉弁学習値とに基づく異常発生の有無の判断を行い、異常有りとは判断される空燃比学習領域が所定数以上あるとき、前記吸気流制御弁に異常が発生している旨判断する請求項4記載の吸気流制御弁の故障診断装置。

【請求項6】請求項5記載の吸気流制御弁の故障診断装置において、

所定の空燃比学習領域にて前記開弁指示と前記閉弁指示とのうちの一方の指示がなされた状態で、前記開弁学習値と前記閉弁学習値とのうちの一方の学習値の学習が完了した後、他方の学習値の学習を行うべく前記開弁指示と前記閉弁指示とのうちの他方の指示を行う切換指示手段を更に備えることを特徴とする吸気流制御弁の故障診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、吸気流制御弁の故障診断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、車載用エンジン等の内燃機関においては、吸気通路に設けられる吸気流制御弁を開閉制御することにより、燃焼室内のガスの流動状態を調整して混合気の燃焼を改善する技術が知られている。こうした内燃機関においては、吸気流制御弁の故障が混合気の燃焼に悪影響を及ぼすため、各種故障診断の一つとして吸気流制御弁の故障診断が行われる。

【0003】吸気流制御弁の故障診断としては、吸気流制御弁の弁位置をセンサによって検出し、このセンサからの検出信号に基づき吸気流制御弁の故障の有無を判断することが考えられるが、この場合には上記センサを設ける分だけ余分に費用がかかることとなる。そこで、例えば特開平10-121991号公報に記載された故障診断装置のように、センサ等を追加することなく吸気流

制御弁の故障診断が可能な故障診断装置が提案されている。

【0004】同公報に記載された故障診断装置は、加速時及び減速時における内燃機関の空燃比に基づき吸気流制御弁の故障の有無を判断する。通常、加速時には吸気流制御弁が開弁されるとともに、吸気流制御弁が開弁することに対応して燃料噴射量の増量を行う。そのため、吸気流制御弁の作動不良等により、加速時に吸気流制御弁が閉弁状態に固定されている場合には、上記燃料噴射量の増量によって、内燃機関の空燃比が適正值からリッチ側にずれることとなる。

【0005】また、減速時には吸気流制御弁が閉弁されるとともに、吸気流制御弁が閉弁することに対応して燃料噴射量の減量を行う。そのため、吸気流制御弁の作動不良等により、減速時に吸気流制御弁が開弁状態に固定されている場合には、上記燃料噴射量の減量によって、内燃機関の空燃比が適正值からリーン側にずれることとなる。

【0006】従って、加速時及び減速時に、内燃機関の空燃比が適正值に対し過度にリッチ側及びリーン側にずれているか否かに基づき、吸気流制御弁の故障の有無を判断することができるようになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記公報に記載の故障診断装置では、加速時及び減速時といった内燃機関の運転状態が不安定であって空燃比の変動が大きい機関運転状態のとき、同空燃比に基づく吸気流制御弁の故障診断が行われる。そのため、吸気流制御弁の故障診断を精度良く行うことが困難であり、誤った故障診断に伴う不具合も無視できないものとなる。

【0008】本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであって、その目的は、吸気流制御弁の故障診断を精度良く行うことのできる吸気流制御弁の故障診断装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】以下、上記目的を達成するための手段及びその作用効果について記載する。上記目的を達成するため、請求項1記載の発明では、内燃機関の吸気通路に設けられ、開弁指示に基づき開弁位置に制御されるとともに閉弁指示に基づき閉弁位置に制御されることにより、燃焼室内のガスの流動状態を変更する吸気流制御弁の故障診断装置において、前記開弁指示と前記閉弁指示とのいずれの指示がなされているかに応じて、内燃機関の燃料噴射量を前記吸気流制御弁が開弁位置にある状態に対応した値と、前記吸気流制御弁が閉弁位置にある状態に対応した値との間で切り換える噴射量切換手段と、内燃機関の空燃比に基づき所定の基準値を中心に増減するフィードバック補正値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより前記空燃比を理論空燃比に近づける噴射量補正手段と、機関運転状態が安定した状

態にあって、前記開弁指示がなされているときの前記フィードバック補正値と、前記閉弁指示がなされているときの前記フィードバック補正値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断する判断手段とを備えた。

【0010】例えば、吸気流制御弁が一方の弁位置に固着するといった故障が発生した場合、他方の弁位置への吸気流制御弁の切換指示がなされると、同吸気流制御弁が一方の弁位置に固着された状態で、燃料噴射量が吸気流制御弁が他方の弁位置にある状態に対応する値へと切り換えられる。そのため、上記のように吸気流制御弁の他方の弁位置への切換指示がなされているとき、フィードバック補正値は内燃機関の空燃比を理論空燃比に近づけるべく基準値からずれるようになる。従って、上記のように吸気流制御弁が一方の弁位置に固着するといった故障が発生した場合、一方の弁位置への切換指示中のフィードバック補正値と、他方の弁位置への切換指示中のフィードバック補正値とが離れた値になる。同構成によれば、機関運転状態が安定した状態にあって、上記他方の弁位置への切換指示がなされているときのフィードバック補正値と、一方の弁位置への切換指示がなされているときのフィードバック補正値とに基づき、吸気流制御弁における異常発生の有無が判断される。上記二つのフィードバック補正値は、機関運転状態が安定した状態での値であることから変動が少ないものとなる。そのため、それら二つのフィードバック補正値に基づく吸気流制御弁の異常発生の有無の判断を精度良く行うことができる。

【0011】請求項2記載の発明では、請求項1記載の発明において、機関運転状態が安定しているとき、前記吸気流制御弁の弁位置を一方の弁位置から他方の弁位置に強制的に切り換えるための指示を行う切換指示手段を更に備え、前記判断手段は、前記切換指示手段による切換指示前の前記フィードバック補正値と、同切換指示後のフィードバック補正値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断するものとした。

【0012】同構成によれば、機関運転状態が安定しているときに吸気流制御弁の強制的な弁位置の切換指示がなされ、この切換指示前のフィードバック補正値と同切換指示後のフィードバック補正値とに基づき、吸気流制御弁の異常発生の有無が判断される。上記のように吸気流制御弁の強制的な弁位置の切換指示を行うことにより、吸気流制御弁の異常発生の有無を短時間で判断し、同吸気流制御弁の故障診断に要する時間を短くすることができる。

【0013】請求項3記載の発明では、請求項2記載の発明において、前記切換指示手段は、前記吸気流制御弁の強制的な切換指示に伴う機関出力トルクの変化が所定値以下になる機関運転状態であることを条件に、前記吸気流制御弁の強制的な切換指示を行うものとした。

【0014】同構成によれば、吸気流制御弁の強制的な弁位置の切換指示に伴い、燃料噴射量が一方の弁位置に対応する値から他方の弁位置に対応する値へと変化するが、これによって機関出力トルクの変化が過度に大きくなることはない。従って、吸気流制御弁の故障診断を行う際、機関出力トルクが過度に変化してドライバビリティが悪化するのを抑制することができる。

【0015】請求項4記載の発明では、内燃機関の吸気通路に設けられ、開弁指示に基づき開弁位置に制御されるとともに閉弁指示に基づき閉弁位置に制御されることにより、燃焼室内のガスの流動状態を変更する吸気流制御弁の故障診断装置において、前記開弁指示と前記閉弁指示とのいずれの指示がなされているかに応じて、内燃機関の燃料噴射量を前記吸気流制御弁が開弁位置にある状態に対応した値と、前記吸気流制御弁が閉弁位置にある状態に対応した値との間で切り換える噴射量切換手段と、内燃機関の空燃比に基づき所定の基準値を中心に増減するフィードバック補正値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより前記空燃比を理論空燃比に近づけるとともに、機関運転状態が安定である条件のもとで前記フィードバック補正値に基づき前記基準値を中心に増減する空燃比学習値を用いて前記燃料噴射量を補正することにより、前記フィードバック補正値を前記基準値が含まれる所定範囲内に収束させる噴射量補正手段と、前記開弁指示中に前記フィードバック補正値が前記所定範囲内に収束したときの前記空燃比学習値を開時学習値として学習し、前記閉弁指示中に前記フィードバック補正値が前記所定範囲内に収束したときの前記空燃比学習値を閉時学習値として学習する学習手段と、前記開時学習値と前記閉時学習値とに基づき、前記吸気流制御弁の異常発生の有無を判断する判断手段とを備えた。

【0016】例えば、吸気流制御弁が一方の弁位置に固着するといった故障が発生した場合、他方の弁位置への吸気流制御弁の切換指示がなされると、同吸気流制御弁が一方の弁位置に固着された状態で、燃料噴射量が吸気流制御弁が他方の弁位置にある状態に対応する値へと切り換えられる。そのため、上記のように吸気流制御弁の他方の弁位置への切換指示がなされているとき、フィードバック補正値は内燃機関の空燃比を理論空燃比に近づけるべく基準値からずれる。更に、内燃機関の運転状態が安定した状態にあるとき、上記フィードバック補正値を所定範囲内に収束させるべく、空燃比学習値が増減して基準値からずれるようになる。吸気流制御弁の開弁指示中において、フィードバック補正値が所定範囲内に収束したとき、そのときの空燃比学習値が開時学習値として学習される。また、吸気流制御弁の閉弁指示中において、フィードバック補正値が所定範囲内に収束したとき、そのときの空燃比学習値が閉時学習値として学習される。従って、上記のように吸気流制御弁が一方の弁位置に固着するといった故障が発生した場合、開時学習値

と閉時学習値とが離れた値になる。同構成によれば、これら開時学習値と閉時学習値とに基づき吸気流制御弁の異常発生の有無が判断される。上記開時学習値及び閉時学習値の学習に用いられる空燃比学習値は、機関運転状態が安定した状態であるときに、フィードバック補正値が所定範囲内に収束するよう増減される値であることから変動が少ないものとなる。そのため、上記空燃比学習値を用いて学習される開時学習値及び閉時学習値に基づく吸気流制御弁の異常発生の有無の判断を精度良く行うことができる。

【0017】請求項5記載の発明では、請求項4記載の発明において、前記空燃比学習値は、機関運転状態に応じて区分される複数の空燃比学習領域毎にそれぞれ設定されるものであり、前記判断手段は、各空燃比学習領域毎に前記開時学習値と前記閉時学習値とに基づく異常発生の有無の判断を行い、異常有りと判断される空燃比学習領域が所定数以上あるとき、前記吸気流制御弁に異常が発生している旨判断するものとした。

【0018】同構成によれば、複数の空燃比学習領域毎に開時学習値と閉時学習値とに基づき吸気流制御弁の異常発生の有無の判断が行われ、異常有りと判断される空燃比学習領域が所定数以上あるとき、吸気流制御弁に異常が発生している旨判断されるため、同吸気流制御弁の故障診断を一層精度良く行うことができる。

【0019】請求項6記載の発明では、請求項5記載の発明において、所定の空燃比学習領域にて前記開弁指示と前記閉弁指示とのうちの一方の指示がなされた状態で、前記開時学習値と前記閉時学習値とのうちの一方の学習値の学習が完了した後、他方の学習値の学習を行うべく前記開弁指示と前記閉弁指示とのうちの他方の指示を行う切換指示手段を更に備えた。

【0020】同構成によれば、一つの空燃比学習領域での開時学習値と閉時学習値との両方の学習を速やかに行うことができ、それら開時学習値と閉時学習値との一方が学習未完となる期間は短いものとなる。従って、各空燃比学習領域のうちのいずれかでの開時学習値及び閉時学習値の学習開始から、吸気流制御弁の故障診断の完了までをスムーズに行うことができるようになる。

【0021】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)以下、本発明を自動車用のガソリンエンジンに適用した第1実施形態を図1～図14に従って説明する。

【0022】図2に示すように、エンジン11のシリンダブロック11a内には、ピストン12が往復移動可能に設けられている。このピストン12は、コンロッド13を介してエンジン11の出力軸であるクランクシャフト14に連結されている。そして、ピストン12の往復移動は、コンロッド13によってクランクシャフト14の回転へと変換されるようになっている。また、シリンダブロック11aには、エンジン11の冷却水温を検出

するための水温センサ11bが設けられている。

【0023】クランクシャフト14にはシグナルロータ14aが取り付けられている。このシグナルロータ14aの外周部には、複数の突起14bがクランクシャフト14の軸線を中心とする等角度毎に設けられている。また、シグナルロータ14aの側方には、クランクポジションセンサ14cが設けられている。そして、クランクシャフト14が回転して、シグナルロータ14aの各突起14bが順次クランクポジションセンサ14cの側方を通過することにより、同センサ14cからはそれら各突起14bの通過に対応したパルス状の検出信号が出力されるようになる。

【0024】上記シリンダブロック11aの上端にはシリンダヘッド15が設けられ、シリンダヘッド15とピストン12との間には燃焼室16が設けられている。この燃焼室16には、シリンダヘッド15に設けられた一对の吸気ポート17a、17bと、同じく一对の排気ポート18a、18bとが連通している（図2には一方の吸気ポート17b及び排気ポート18bのみ図示）。これら吸気ポート17a、17b及び排気ポート18a、18bには、それぞれ吸気管30及び排気管31が接続されている。この吸気管30内及び吸気ポート17a、17b内は吸気通路32となっており、排気管31内及び排気ポート18a、18b内は排気通路33となっている。

【0025】吸気通路32の上流部分には、燃焼室16に吸入される空気量を調整するためのスロットルバルブ24が設けられている。このスロットルバルブ24の開度は、スロットルポジションセンサ44によって検出される。スロットルポジションセンサ44は、検出されるスロットルバルブ24の開度に対応した検出信号を出力する。更に、吸気通路32においてスロットルバルブ24の下流には、吸気通路32内の圧力を検出するバキュームセンサ28が設けられている。また、吸気通路32の下流端には、燃焼室16内へ向かって燃料を噴射するための燃料噴射弁40が設けられている。

【0026】上記エンジン11にあっては、その吸気行程において、ピストン12の下降により燃焼室16へ吸気通路32を介して空気が吸入され、この空気と燃料噴射弁40から噴射される燃料との混合気が燃焼室16に充填される。その後、エンジン11の圧縮行程にて燃焼室16内で圧縮された混合気が、シリンダヘッド15に設けられた点火プラグ41により点火されて燃焼する。このときの燃焼エネルギーにより、ピストン12が往復移動してエンジン11が駆動力を得ることとなる。

【0027】一方、燃焼室16内で燃焼した混合気は、排気として排気通路33に送り出され、同排気通路33に設けられた排気浄化触媒33aによって浄化される。排気浄化触媒33aは、燃焼室16内の混合気が理論空燃比の状態では燃焼されるときに排気を最も効率よく浄化

できるようになっている。また、排気通路33において排気浄化触媒33aの上流側には、排気中の酸素濃度に対応した信号を出力する酸素センサ34が設けられている。この酸素センサ34からの信号に基づき燃料噴射弁40の燃料噴射量が補正され、混合気の実燃比が理論空燃比へと近づけられる。

【0028】次に、上記エンジン11における吸気系の構造について図1に基づき詳しく説明する。図1に示すように、吸気管30の途中にはサージタンク30aが設けられ、吸気通路32はサージタンク30a内を通過している。この吸気通路32は、サージタンク30aの上流にて二つに分岐した後、サージタンク30aの下流にてエンジン11の気筒に対応して四つに分岐している。吸気通路32における吸気ポート17aに対応する部分には、燃焼室16内におけるガスの流動状態を変更するためのスワールコントロールバルブ（SCV）48が設けられている。

【0029】SCV48は、吸気通路32に生じる負圧を作動源とするアクチュエータ49から延びるロッド50と連結され、同アクチュエータ49の作動に基づくロッド50の伸縮によって開弁位置と閉弁位置との間で開閉動作する。そして、SCV48を開いた状態では吸気ポート17aと吸気ポート17bとの両方から燃焼室16内に空気が供給され、SCV48を閉じた状態では吸気ポート17bのみから燃焼室16内に空気が供給される。こうしたSCV48の開閉動作は、燃焼室16内におけるガスの流動（スワール）の強さを調整するために行われる。

【0030】即ち、SCV48を閉じた状態にあっては、吸気ポート17bのみから燃焼室16内への空気の供給が行われる。こうした空気の供給によって同空気の流速が速められ、燃焼室16内のスワールがSCV48を開いて両吸気ポート17a、17bから燃焼室16内に空気を供給した場合よりも強くなる。従って、SCV48を開弁位置と閉弁位置との間で開閉させることにより、燃焼室16内に生じるスワールの強さが調整されるようになる。

【0031】ここで、SCV48を開閉動作させるためのアクチュエータ49、及びアクチュエータ49を作動させる構造について詳しく説明する。アクチュエータ49においては、そのハウジング51内に弾性を有するダイヤフラム52によって大気室53と負圧室54とに区画されている。また、アクチュエータ49において、ダイヤフラム52にはロッド50が連結され、負圧室54にはロッド50の伸縮方向について弾性を有するコイルスプリング55が設けられている。このコイルスプリング55により、通常はロッド50が伸長してSCV48が開いた状態、即ち開弁位置に位置した状態に保持される。

【0032】上記アクチュエータ49においては、その

大気室53がハウジング51外と連通しており、負圧室54が負圧通路58を介してバキュームタンク57に連通している。こうして負圧通路58が繋がるバキュームタンク57は、吸引通路59を介してエンジン11の吸気通路32におけるスロットルバルブ24の下流側に連通している。

【0033】この吸引通路59には、吸気通路32からバキュームタンク57への吸気の逆流を防止するチェック弁59aが設けられている。チェック弁59aは、吸気通路32とバキュームタンク57との圧力差によって開閉されるものであって、吸気通路32内の圧力がバキュームタンク57内の圧力よりも真空側の値になるときのみ開かれることとなる。こうしたチェック弁59aの開閉動作により、バキュームタンク57内の圧力が吸気通路32内の圧力よりも真空側の値へと制御される。

【0034】また、上記負圧通路58には、バキュームスイッチングバルブ(VSV)61が設けられている。このVSV61は、電磁ソレノイド(図せず)を備えている。そして、電磁ソレノイドに対する電圧印加を制御することで、VSV61が開閉して負圧室54とバキュームタンク57との間が連通・遮断されるようになる。

【0035】従って、エンジン11の運転中に吸気通路32に発生する負圧がバキュームタンク57内に蓄圧された状態で、上記VSV61が開かれて負圧室54とバキュームタンク57とが連通すると、同タンク57内の負圧に基づき負圧室54からバキュームタンク57側に空気が吸引される。このように負圧室54から空気が吸引されると、ダイヤフラム52がコイルスプリング55を収縮させる方向に変位する。このダイヤフラム52の変位により、ロッド50が収縮してSCV48が閉じる、即ち閉弁位置に位置するようになる。

【0036】次に、SCV48の故障診断装置の電氣的構成を図3に基づき説明する。この故障診断装置は、燃料噴射制御やSCV48の開閉制御などエンジン11の運転状態を制御するための電子制御ユニット(以下「ECU」という)92を備えている。このECU92は、ROM93、CPU94、RAM95及びバックアップRAM96等を備える算術論理演算回路として構成されている。

【0037】ここで、ROM93は各種制御プログラムや、それら各種制御プログラムを実行する際に参照されるマップ等が記憶されたメモリであり、CPU94はROM93に記憶された各種制御プログラムやマップに基

$$Q_{fin} = Q_{bse} * FAF * KG(i) * C \quad \dots (1)$$

式(1)における基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ は、ステップS101~S103の処理により、クランクポジションセンサ14cの検出信号から求められるエンジン回転数 $N_E$ と、バキュームセンサ28の検出信号から求められる吸気圧 $P_M$ とに基づき算出される。最終燃料噴射量算出

づいて演算処理を実行する。また、RAM95はCPU94での演算結果や各センサから入力されたデータ等を一時的に記憶するメモリであり、バックアップRAM96はエンジン11の停止時にその記憶されたデータ等を保存する不揮発性のメモリである。そして、ROM93、CPU94、RAM95及びバックアップRAM96は、バス97を介して互いに接続されるとともに、外部入力回路98及び外部出力回路99と接続されている。

【0038】外部入力回路98には、水温センサ11b、クランクポジションセンサ14c、バキュームセンサ28、酸素センサ34、及びスロットルポジションセンサ44等が接続されている。また、外部出力回路99には燃料噴射弁40、及びVSV61等が接続されている。

【0039】このように構成されたECU92は、エンジン11の高回転高負荷時にはSCV48の開弁指示を行い、この開弁指示に基づきVSV61を駆動制御してSCV48を開く。これは、高回転高負荷時には、SCV48を開いて吸気抵抗を低減することにより、燃焼室16に効率よく空気(混合気)を供給して機関出力の向上を図るためである。また、ECU92は、エンジン11の低回転低負荷時にはSCV48の開弁指示を行い、この開弁指示に基づきVSV61を駆動制御してSCV48を閉じる。これは、低回転低負荷時には、SCV48を閉じて吸入空気の流速を速めることにより、燃焼室16に効率よく空気を供給して機関出力の向上を図るためである。

【0040】次に、エンジン11の燃料噴射量制御について図4を参照して説明する。図4は、上記燃料噴射量制御に用いられる最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ を算出するための最終燃料噴射量算出ルーチンを示すフローチャートである。この最終燃料噴射量算出ルーチンは、ECU92を通じて例えば所定時間毎の時間割り込みにて実行される。

【0041】上記最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ は、最終燃料噴射量算出ルーチンにおけるステップS105の処理で、基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ 、後述するフィードバック補正係数 $FAF$ 及び空燃比学習値 $KG(i)$ 、並びにその他の補正係数 $C$ から下記の式(1)によって算出される。ECU92は、最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ に基づき燃料噴射弁40を駆動制御し、同最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ に対応した量の燃料を噴射させる。

【0042】

ルーチンにおいては、ステップS101~S103の処理により、SCV48が開弁位置に位置する状態か閉弁位置に位置する状態かに応じて、基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ が異なる値として算出される。これは、エンジン11の燃料噴射量は混合気空燃比を理論空燃比とするために

吸入空気量に対応した値とする必要があるが、このエンジン11の吸入空気量がSCV48の弁位置に応じて変化するためである。

【0043】ECU92は、ステップS101の処理として、SCV48の開弁指示がなされているか否かを判断する。そして、開弁指示がなされていれば、ステップS102の処理により、吸気圧PM及びエンジン回転数NEに基づきSCV閉用のマップを参照して基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ を算出する。また、上記ステップS101の処理において、開弁指示がなされていない旨判断されると、ステップS103に進む。ECU92は、ステップS103の処理として、吸気圧PM及びエンジン回転数NEに基づきSCV開用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ を算出する。

【0044】このように上記式(1)における基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ は、SCV48に対する弁位置の指示に応じて、ステップS102とステップS103とのいずれかの処理により算出される。

【0045】ここで、スロットル開度を一定とした条件下でのエンジン回転数NEの変化に対する上記SCV閉用及びSCV開用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ の推移傾向を図5に示す。図5において、実線L1は、SCV閉用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ の推移を示すものであり、スロットル開度が閉じ側の値になるほど図中下方に移行することとなる。また、実線L2は、SCV開用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ の推移を示すものであり、スロットル開度が閉じ側の値になるほど図中下方に移行することとなる。

【0046】図5から明らかなように、SCV閉用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ （実線L1）は低回転低負荷領域で大きい値となる傾向を有し、SCV開用の基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ （実線L2）は高回転高負荷領域で大きい値となる傾向を有する。これは、SCV48の開弁時には低回転低負荷領域でエンジン11の吸入空気の流速が速められて燃焼室16に効率よく空気が供給され、SCV48の開弁時には高回転高負荷領域でエンジン11の吸気抵抗が低減されて燃焼室16に効率よく空気が供給されるためである。

【0047】また、式(1)におけるフィードバック補正係数FAFは、混合気の空燃比を理論空燃比へと近づけるべく燃料噴射量を補正するためのものである。このフィードバック補正係数FAFは、エンジン11の空燃比に応じて図6(a)に示すように変化する酸素センサ34の出力信号Sに基づき、図6(b)に示すように「1.0」を基準に増減する。

【0048】上記酸素センサ34は、エンジン11の空燃比が理論空燃比の前後の間で変化するとき出力信号Sが急変する特性を有する。こうした酸素センサ34の出力信号Sは、混合気の空燃比が理論空燃比よりもリーンであるときには同理論空燃比に対応した基準値Dよりも小さくなり、混合気の空燃比が理論空燃比よりもリッチ

であるときには上記基準値Dよりも大きくなる。そして、ECU92は、酸素センサ34の出力信号Sが基準値Dよりも大きい場合にはフィードバック補正係数FAFを減少させ、同出力信号Sが基準値Dよりも小さい場合にはフィードバック補正係数FAFを増加させる。このフィードバック補正係数FAFに基づき燃料噴射量の補正を行うことで、混合気の空燃比を理論空燃比へと近づける空燃比フィードバック制御が行われるようになる。

【0049】また、ECU92は、空燃比フィードバック制御の制御精度を向上させるため、上記フィードバック補正係数FAFが過度に「1.0」から離れた値とならないよう、空燃比学習値KG(i)を用いて燃料噴射量の補正を行う。この空燃比学習値KG(i)は、フィードバック補正係数FAFが大きくなるほど大きい値にされるときともに、フィードバック補正係数FAFが小さくなるほど小さい値とされる。従って、空燃比学習値KG(i)によって燃料噴射量を補正することで、フィードバック補正係数FAFが「1.0」を含む所定範囲内へと収束するようになる。

【0050】なお、ECU92は、エンジン11の吸入空気量（機関負荷）に応じて複数の空燃比学習領域i（ $i=1, 2, 3, \dots$ ）を設定するとともに、各空燃比学習領域i毎に上記空燃比学習値KG(i)を設定する。そして、各空燃比学習領域i毎において、フィードバック補正係数FAFを上記所定範囲内の値とするよう空燃比学習値KG(i)を「1.0」を基準に増減させ、フィードバック補正係数FAFが所定範囲内の値となったときの同学習値KG(i)をバックアップRAM96の所定領域に記憶する。こうして記憶（学習）された空燃比学習値KG(i)のうち、燃料噴射量を補正するための空燃比学習値KG(i)としては、現在の機関負荷に応じた空燃比学習領域iに対応するものが用いられる。

【0051】ECU92は、最終燃料噴射量算出ルーチンにおけるステップS104の処理で現在の機関負荷に対応する空燃比学習領域iの判定を行う。そして、ステップS105の処理で、当該空燃比学習領域iに対応する空燃比学習値KG(i)、フィードバック補正係数FAF、その他の補正係数C、及び基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ に基づき最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ を算出する。ECU92は、続くステップS106の処理として、ステップS105の処理で算出された最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ が過度に大きい値や小さい値にならないようガード処理を実行した後、この最終燃料噴射量算出ルーチンを一旦終了する。

【0052】このように最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ が算出されると、ECU92は、上記最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ に基づき燃料噴射弁40を駆動制御して燃料の噴射供給を行う。そして、フィードバック補正係数FAFに基づく燃料噴射量の補正によって混合気の空燃比が理論空燃比に



近づけられ、空燃比学習値 $KG(i)$ に基づく燃料噴射量の補正によってフィードバック補正係数 $F A F$ が「1.0」を含む所定範囲内へと収束するようになる。

【0053】次に、上記フィードバック補正係数 $F A F$ の算出手順の概要について、図6及び図7を参照して詳しく説明する。なお、図6は酸素センサ34の出力信号 $S$ 、及びフィードバック補正係数 $F A F$ の時間経過に対する推移を示すタイムチャートである。また、図7は、フィードバック補正係数 $F A F$ の算出に用いられる制御ゲインである積分量 $(K i R, K i L)$ 及びスキップ量 $(R s R, R s L)$ について、その概念を示すタイムチャートである。ここでは、フィードバック補正係数 $F A F$ の算出態様を酸素センサ34の出力信号 $S$ の変化との対応のもとに説明する。

【0054】1. 酸素センサ34の出力信号 $S$ が基準値 $D$ よりも大きい状態が続き、エンジン11の空燃比が継続して理論空燃比よりもリッチであるとき

このときには図7に示されるように、フィードバック補正係数 $F A F$ から積分量 $K i L$ が減算される。即ち、フィードバック補正係数 $F A F$ が例えば図7のP1点に位置する状態にあるとき、上記積分量 $K i L$ 分の減算が行われると、同補正係数 $F A F$ はP2点に位置する状態へと変化する。こうした積分量 $K i L$ の減算が所定周期毎に継続して実行されるいわゆる積分制御が行われることで、フィードバック補正係数 $F A F$ は徐々に小さくなる。このようにフィードバック補正係数 $F A F$ を徐々に小さくすると、いずれは空燃比が理論空燃比に対してリッチ側からリーン側へと変換し、これに伴って酸素センサ34からの出力信号 $S$ が基準値 $D$ に対して大きい値から小さい値へと反転する。

【0055】2. 酸素センサ34からの出力信号 $S$ が基準値 $D$ に対し大きい値から小さい値へと反転したとき  
こうした酸素センサ34の出力信号 $S$ の変化が生じると、上記フィードバック補正係数 $F A F$ にスキップ量 $R s R$ を加算し、同フィードバック補正係数 $F A F$ を所定量だけ大きくする、いわゆるスキップ制御が行われる。即ち、フィードバック補正係数 $F A F$ が図7のP3点に位置する状態にあるときに上記スキップ量 $R s R$ 分の加算が行われると、同補正係数 $F A F$ はP4点に位置する状態へと変化する。このフィードバック補正係数 $F A F$ の増加量は、上記スキップ量 $R s R$ が大きくなるほど大きいものとなるが、同スキップ量 $R s R$ は、フィードバック補正係数 $F A F$ に加算されるときに空燃比が理論空燃比に対してリーン側からリッチ側へと一気に反転しない値に設定されている。従って、フィードバック補正係数 $F A F$ にスキップ量 $R s R$ が加算された後においても、空燃比が理論空燃比よりもリーンであって、酸素センサ34の出力信号 $S$ が基準値 $D$ よりも小さい状態が続くことになる。

【0056】3. 酸素センサ34の出力信号 $S$ が基準値

$D$ よりも小さい状態が続き、エンジン11の空燃比が継続して理論空燃比よりもリーンであるとき

この状態にあつては、フィードバック補正係数 $F A F$ に積分量 $K i R$ が加算される。即ち、フィードバック補正係数 $F A F$ が図7のP4点に位置する状態にあるときの上記積分量 $K i R$ の加算が行われると、同補正係数 $F A F$ はP5点に位置する状態へと変化する。こうした積分量 $K i R$ の加算を所定周期毎に継続して実行する積分制御が行われることで、フィードバック補正係数 $F A F$ は徐々に大きくなる。このようにフィードバック補正係数 $F A F$ を徐々に大きくすると、いずれは空燃比が理論空燃比に対してリーン側からリッチ側へと変換し、これに伴って酸素センサ34からの出力信号 $S$ が基準値 $D$ に対し小さい値から大きい値へと反転する。

【0057】4. 酸素センサ34からの出力信号 $S$ が基準値 $D$ に対し小さい値から大きい値へと反転したとき  
こうした酸素センサ34の出力信号 $S$ の変化が生じると、上記フィードバック補正係数 $F A F$ からスキップ量 $R s L$ を減算して同フィードバック補正係数 $F A F$ を所定量だけ小さくするスキップ制御が実行される。即ち、フィードバック補正係数 $F A F$ が図7のP6点に位置する状態にあるときに上記スキップ量 $R s L$ 分の減算が行われると、同補正係数 $F A F$ はP7点に位置する状態へと変化する。このフィードバック補正係数 $F A F$ の減少量は上記スキップ量 $R s L$ が大きくなるほど大きいものとなるが、同スキップ量 $R s L$ は、先のスキップ量 $R s R$ と同じくフィードバック補正係数 $F A F$ から減算されるときに空燃比が理論空燃比に対しリッチ側からリーン側へと一気に反転しない値に設定されている。従って、フィードバック補正係数 $F A F$ からスキップ量 $R s L$ が減算された後においても、空燃比が理論空燃比よりもリッチであつて、酸素センサ34の出力信号 $S$ が基準値 $D$ よりも大きい状態が続くことになる。この状態にあつては、フィードバック補正係数 $F A F$ は積分制御により上記積分量 $K i L$ に応じて徐々に小さくなる。そして、図6に示されるように、上記のようなフィードバック補正係数 $F A F$ の算出処理が酸素センサ34の出力信号 $S$ の推移に応じて繰り返し実行される。

【0058】このように、酸素センサ34からの出力信号 $S$ に応じてフィードバック補正係数 $F A F$ を変化させることで、エンジン11の空燃比が理論空燃比へと近づくように最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ が変化する。

【0059】次に、フィードバック補正係数 $F A F$ の算出手順について図8を参照して詳しく説明する。図8は、フィードバック補正係数算出ルーチンを示すフローチャートである。このフィードバック補正係数算出ルーチンは、ECU92を通じて例えば所定時間毎の時間割り込みにて実行される。

【0060】フィードバック補正係数算出ルーチンにおいて、ECU92は、ステップS201の処理として、

フィードバック条件が全て成立しているか否か、即ち例えば以下に示す各種条件が全て成立しているか否かを判断する。

- 【0061】・始動完了前のクランキング中でない
- ・水温センサ11bからの信号に基づき求められる冷却水温が所定値以上
- ・酸素センサ34が活性化している
- ・過度に高回転高負荷状態でない

そして、上記各条件の内のいずれか一つでも満たされていなければステップS210に進む。ECU92は、ステップS210の処理として、フィードバック補正係数FAFを「1.0」にした後、このフィードバック補正係数算出ルーチンを一旦終了する。また、上記各条件が全て満たされていればステップS202に進む。ステップS202～S208の処理は、酸素センサ34の出力信号Sに基づきスキップ制御若しくは積分制御を行うためのものである。

【0062】ECU92は、ステップS202の処理として、酸素センサ34の出力信号Sが基準値Dに対し大きい値と小さい値との間で反転したか否かを判断する。そして、酸素センサ34の出力信号Sが反転した旨判断された場合にはステップS203に進む。ステップS203～S205の処理はスキップ制御を行うためのものである。

【0063】ECU92は、ステップS203の処理として、酸素センサ34の出力信号Sが基準値D未満か否かを判断する。そして、「 $S < D$ 」であって出力信号Sが基準値Dに対し大きい値から小さい値へと反転した旨判断された場合には、ステップS204の処理としてフィードバック補正係数FAFにスキップ量 $R_s R$ を加算する。また、「 $S < D$ 」でなく出力信号Sが基準値Dに対して小さい値から大きい値へと反転した旨判断された場合には、ステップS205の処理としてフィードバック補正係数FAFからスキップ量 $R_s L$ を減算する。こうしてステップS204とステップS205とのいずれかの処理を実行した後、ステップS209に進む。

【0064】一方、上記ステップS202の処理において、酸素センサ34の出力信号Sが基準値Dに対して大きい値と小さい値との間で反転していない旨判断された場合には、ステップS206に進む。ステップS206～ステップS208の処理は積分制御を行うためのものである。

【0065】ECU92は、ステップS206の処理として、酸素センサ34の出力信号Sが基準値D未満か否かを判断する。そして、「 $S < D$ 」であって出力信号Sが基準値D未満の状態が維持されている旨判断された場合には、ステップS207の処理としてフィードバック補正係数FAFに積分量 $K_i R$ を加算する。また、「 $S < D$ 」でなく出力信号Sが基準値Dよりも大きい状態が維持されている旨判断された場合には、ステップS20

8の処理としてフィードバック補正係数FAFから積分量 $K_i L$ を減算する。こうしてステップS207とステップS208とのいずれかの処理を実行した後、ステップS209に進む。

【0066】ECU92は、ステップS209の処理として、フィードバック補正係数FAFが過度に大きい値や小さい値にならないようガード処理を実行した後、このフィードバック補正係数算出ルーチンを一旦終了する。このようにフィードバック補正係数算出ルーチンによって算出されるフィードバック補正係数FAFは、図6(a)に示す酸素センサ34の出力信号Sの変化に対し、図6(b)に示すように推移することとなる。

【0067】次に、空燃比学習値 $K_G(i)$ の算出手順について図9の学習値算出ルーチンを示すフローチャートを参照して説明する。この学習値算出ルーチンは、ECU92を通じて例えば所定時間毎の時間割り込みにて実行される。この学習値算出ルーチンにより、フィードバック補正係数FAFから求められる平均値FAFAVが「1.0」を含む所定範囲内の値に収束するよう空燃比学習値 $K_G(i)$ が増減され、平均値FAFAVが上記所定範囲内の値となったときの空燃比学習値 $K_G(i)$ がバックアップRAM96の所定領域に記憶(学習)される。

【0068】学習値算出ルーチンにおいて、ECU92は、ステップS301の処理として、空燃比学習条件が成立しているか否か、即ち例えば以下に示す各種条件が全て成立しているか否かを判断する。

- 【0069】・暖機中でない
- ・エンジン11の運転状態が安定している
- ・空燃比フィードバック制御が実行中である

そして、上記各条件の内の一つでも満たされていなければ、ECU92は、この学習値算出ルーチンを一旦終了する。上記各条件が全て満たされていれば、ステップS302に進む。ECU92は、ステップS302の処理として、現在の機関負荷が各空燃比学習領域iの内のいずれに位置する状態かを判定する。こうして判定された空燃比学習領域iに対応する空燃比学習値 $K_G(i)$ が、後述するステップS305、S307の処理で使用される。

【0070】ECU92は、ステップS303の処理として、前回酸素センサ34の出力信号Sが反転したときのフィードバック補正係数FAFと、前々回酸素センサ34の出力信号Sが反転したときのフィードバック補正係数FAFとの平均値である平均値FAFAVを算出する。こうして平均値FAFAVを算出した後、ステップS304に進む。学習値算出ルーチンにおいて、ステップS304～S307の処理は、平均値FAFAVを所定範囲(本実施形態では「 $1 - \alpha < \text{FAFAV} < 1 + \alpha$ 」)内に収めて、現在の機関負荷に応じた空燃比学習領域iでの空燃比学習値 $K_G(i)$ の学習を完了するため

のものである。

【0071】ECU92は、ステップS304の処理として、平均値FAFAVが「1.0」に所定値 $\alpha$ を加算した値よりも小さいか否かを判断する。そして、「FAFAV<1+ $\alpha$ 」でない旨判断されると、ステップS305に進む。ECU92は、ステップS305の処理として、現在の空燃比学習領域iに対応する空燃比学習値KG(i)に所定値 $\beta$ を加算する。こうして空燃比学習値KG(i)が増加されると、上記式(1)から明らかなように、空燃比を理論空燃比に維持するためにフィードバック補正係数FAFが小さくなり、それに応じて平均値FAFAVも小さくなる。上記ステップS305の処理を実行した後は、ステップS308に進む。

【0072】一方、上記ステップS304の処理において、「FAFAV<1+ $\alpha$ 」である旨判断されると、ステップS306に進む。ECU92は、ステップS306の処理として、平均値FAFAVが「1.0」から所定値 $\alpha$ を減算した値よりも大きいを判断する。そして、「FAFAV>1+ $\alpha$ 」でない旨判断されると、ステップS307に進む。ECU92は、ステップS307の処理として、現在の空燃比学習領域iに対応する空燃比学習値KG(i)から所定値 $\beta$ を減算した値とする。こうして空燃比学習値KG(i)が低下されると、上記式(1)から明らかなように、空燃比を理論空燃比に維持するためにフィードバック補正係数FAFが大きくなり、それに応じて平均値FAFAVも大きくなる。上記ステップS307の処理を実行した後は、ステップS308に進む。

【0073】そして、上記ステップS305、S307の処理によって空燃比学習値KG(i)が増減されると、平均値FAFAVが「1+ $\alpha$ 」内の値になる。また、ステップS304、S306の判断処理で共にYESと判断された場合も、ステップS308に進む。ECU92は、ステップS308の処理として、上記空燃比学習値KG(i)が過度に大きい値や小さい値にならないようガード処理を実行した後、この学習値算出ルーチンを一旦終了する。

【0074】なお、以上のような空燃比学習値KG(i)の学習は、全ての空燃比学習領域iについてそれぞれ行われる。その結果、図10に示す各空燃比学習領域iにおいて、フィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVが各々「1+ $\alpha$ 」内の値へと収束するようになる。そして、エンジン11の機関負荷が所定空燃比学習領域iに位置する状態から別の空燃比学習領域iに位置する状態へと変化したとき、その機関負荷の変化に応じて上記式(1)で用いられる空燃比学習値KG(i)も切り換えられる。即ち、式(1)で用いられる空燃比学習値KG(i)は、機関負荷変化前の空燃比学習領域iに対応したものから、機関負荷変化後の空燃比学習領域iに対応したものへと切り換えられる。

【0075】従って、上記エンジン11の運転状態変化(機関負荷変化)が生じた場合には、空燃比学習値KG(i)を切り換えるようにして同学習値KG(i)とフィードバック補正係数FAFとの両方で、空燃比を理論空燃比に近づけたり理論空燃比に維持したりすることとなる。そのため、エンジン11の機関負荷変化の際に吸入空気量が大きく変化したとしても、空燃比学習値KG(i)の切替及びフィードバック補正係数FAFの変化により、吸入空気量の変化に対し速やかに燃料噴射量が変化する。その結果、空燃比が速やかに理論空燃比に近づけられるとともに同理論空燃比に維持され、空燃比を理論空燃比へと制御する際の制御精度が向上する。

【0076】ところで、吸気通路32にSCV48が設けられるエンジン11においては、SCV48に例えば作動不良による一方の弁位置での固着といった故障が発生することがある。こうしたSCV48の故障が発生すると、エンジン11の吸入空気量が適正值からずれるとともに燃焼室16内でのスワールが不適切なものになり、混合気の燃焼に悪影響を及ぼすこととなる。そのため、SCV48が設けられるエンジン11においては、各種故障診断の一つとして上記SCV48の故障診断が行われる。

【0077】SCV48の故障診断としては、加速時や減速時における機関運転状態の変化に応じてSCV48が開閉されるとき、エンジン11の空燃比に基づきSCV48の故障の有無を判断することが考えられる。即ち、SCV48が開弁位置にあるときと閉弁位置にあるときでは燃料噴射量が異なる値になるため、例えば上記SCV48の固着といった故障が発生している場合、加減速時にSCV48の弁位置が変化せず燃料噴射量のみが加減速後のSCV48の弁位置に対応したものに変更される。従って、SCV48に上記異常が発生した状態での加減速後には、空燃比が適正值に対してリッチ又はリーンになるため、同空燃比に基づきSCV48における異常発生の有無を判断することができるようになる。

【0078】しかし、上記のように加速時又は減速時といった機関運転状態が不安定であって空燃比の変動が大きい機関運転状態のときには、同空燃比に基づきSCV48の故障診断を精度良く行うことは困難である。そこで本実施形態では、機関運転状態が安定した状態であって、SCV48に対する開弁指示がなされているときのフィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVと、SCV48に対する開弁指示がなされているときのフィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVとに基づきSCV48の異常発生の有無を判断する。

【0079】SCV48が一方の弁位置に固着するといった異常が発生している場合、上記開弁指示中の平均値FAFAVと上記開弁指示中の平均値FAFAVとが離れた値になる。これは、上記SCV48の一方の弁位置

での固着に伴い、閉弁指示中或いは開弁指示中の空燃比が理論空燃比に対して過度にリッチ又はリーンにならないよう、閉弁指示中或いは開弁指示中のフィードバック補正係数FAFが通常よりも基準値「1.0」から離れた値へと変化するためである。

【0080】上記開弁指示中の平均値FAFAV及び閉弁指示中の平均値FAFAVは、機関運転状態が安定した状態での値であることから変動が少ないものとなる。従って、それら二つの平均値FAFAVに基づきSCV48の異常発生の有無の判断を行うことで、同異常発生の有無の判断を正確なものとするができるようになる。

【0081】次に、上記SCV48の故障診断の概要を図11及び図12を参照して説明する。なお、図11は、SCV48が正常であって、SCV48に対して閉弁指示がなされている状態から開弁指示を行うときのSCV48の動作、基本燃料噴射量Qbse、平均値FAFAVの変化態様を示すタイムチャートである。また、図12は、SCV48に例えば閉弁位置での固着といった異常が発生しており、SCV48に対して閉弁指示がなされている状態から開弁指示を行うときのSCV48の動作、基本燃料噴射量Qbse、平均値FAFAVの変化態様を示すタイムチャートである。

【0082】上記SCV48の故障診断においては、機関運転状態が安定した状態にあって、SCV48に対する閉弁指示と開弁指示とのうちの一方の指示がなされているとき、強制的に他方の指示に切り換えることが行われる。

【0083】SCV48が正常状態にあって、図11(a)に示されるようにSCV48に対する指示が閉弁指示から強制的に開弁指示に切り換えられると、SCV48が図11(b)に示されるように閉弁位置から開弁位置へと制御される。また、図11(a)に示される閉弁指示から開弁指示への切り換えに応じて、図11(c)に示されるように基本燃料噴射量QbseがSCV閉用の値からSCV開用の値へと変化する。このように基本燃料噴射量Qbseが切り換えられることにより、エンジン11の空燃比が理論空燃比から過度に離れた値になることは抑制される。そのため、図11(d)に示されるように、平均値FAFAVが上記閉弁指示から開弁指示への切換前後で大きく変化することはない。

【0084】一方、SCV48に例えば閉弁位置での固着といった異常が発生しているときも、SCV48の故障診断が行われる際には図12(a)に示されるようにSCV48に対する指示が閉弁指示から強制的に開弁指示に切り換えられる。このとき、SCV48は図12(b)に示されるように閉弁位置に位置する状態のままであるが、基本燃料噴射量Qbseは図12(c)に示されるようにSCV閉じ用の値からSCV開用の値へと変化する。このようにSCV48が閉弁位置にあるにもか

かわらず基本燃料噴射量QbseがSCV開用の値となるため、例えば燃料噴射量が適正值よりも少なくなると同空燃比が理論空燃比よりもリーン側にずれてしまう。

【0085】こうした空燃比のリーン側へのずれを抑制して空燃比を理論空燃比に制御すべく、フィードバック補正係数FAFが大きくなるため、平均値FAFAVが図12(d)に示されるように大きくされることとなる。従って、上記SCV48の異常発生時には、上記閉弁指示と開弁指示との切換前後において平均値FAFAVが大きく変化し、この切換前後での平均値FAFAVに基づきSCV48の異常発生の有無が判断される。

【0086】次に、SCV48の故障診断手順について図13及び図14を参照して詳しく説明する。図13及び図14は、SCV48の故障診断を行うための故障診断ルーチンを示すフローチャートである。この故障診断ルーチンは、ECU92を通じて例えば所定時間毎の時間割り込みにて実行される。

【0087】故障診断ルーチンにおいては、ステップS412(図14)の処理により、SCV48に対する閉弁指示がなされているときの平均値FAFAV(閉時平均値FAFAVC)と、SCV48に対する開弁指示がなされているときの平均値FAFAV(開時平均値FAFAVO)とに基づき、同SCV48の異常発生の有無が判断される。なお、SCV48に対する閉弁指示がなされているときの平均値FAFAVは閉時平均値FAFAVCとして記憶され、SCV48に対する開弁指示がなされているときの平均値FAFAVは開時平均値FAFAVOとして記憶される。故障診断ルーチンにおいて、ステップS406～S410の処理は、上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOの記憶を行うためのものである。また、ステップS401(図13)～S405(図14)の処理は、上記SCV48の故障診断、並びに上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOの記憶を行うべき状態か否かを判断するためのものである。

【0088】ECU92は、ステップS401(図13)の処理で、診断完了フラグF1として「0(未完了)」がRAM95の所定領域に記憶されているか否かを判断する。この診断完了フラグF1は、上記ステップS412(図14)によるSCV48の異常発生の有無の判断が完了しているか否かを判断するためのものである。そして、診断完了フラグF1は、上記ステップS412の処理を実行した後にステップS414の処理により「1(完了)」とされ、エンジン11が停止されたときに「0(未完了)」とされる。

【0089】ステップS401(図13)の処理において、「F=0」でなくSCV48の異常発生の有無の判断が完了済みである旨判断されると、ECU92は、この故障診断ルーチンを終了する。従って、エンジン11の始動から停止までの間には、SCV48の故障診断が

一回のみ行われることとなり、この故障診断に伴い強制的にSCV48が閉弁位置若しくは開弁位置に制御されることは一回ですむようになる。上記ステップS401の処理において、「F=0」であってSCV48の異常発生の有無の判断が未完である旨判断されると、ステップS402に進む。ステップS402（図13）～S405（図14）の処理は、上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOの記憶を行うべき状態か否かを判断するためのものである。

【0090】ECU92は、ステップS402（図13）の処理として、例えばエンジン回転数NEの変化量やスロットル開度の変化量が所定値以下であるか否かをに基づき、エンジン11の運転状態が安定した状態であるか否かを判断する。なお、上記スロットル開度は、スロットルポジションセンサ44からの検出信号に基づき求められる。そして、エンジン回転数NEの変化量やスロットル開度の変化量が小さく、エンジン11の運転状態が安定した状態である旨判断されると、ステップS403に進む。

【0091】ECU92は、ステップS403の処理として、酸素センサ34の出力信号Sに基づき増減するフィードバック補正係数FAFによって燃料噴射量を補正し、エンジン11の空燃比を理論空燃比へと制御する空燃比フィードバック制御が実行されているか否かを判断する。そして、空燃比フィードバック制御が実行されている旨判断されると、ステップS404に進む。

【0092】ECU92は、ステップS404の処理として、エンジン11の運転状態が切換許可領域に位置する状態であるか否かを判断する。この切換許可領域とは、SCV48に対する指示を強制的に閉弁指示と開弁指示との間で切り換えることにより、基本燃料噴射量QbseがSCV閉用の値とSCV開用の値との間で変化しても、機関出力トルクの変化が過度に大きくなることのないエンジン11の運転領域のことである。この切換許可領域は、図5においては領域A、即ちSCV閉用の基本燃料噴射量Qbse（L1）とSCV開用の基本燃料噴射量Qbse（L2）とが過度に離れることのない領域で示される。上記ステップS404の処理において、エンジン11の運転状態が切換許可領域に位置する状態である旨判断されると、ステップS405（図14）に進む。

【0093】ECU92は、ステップS405の処理として、平均値FAFAVの変動が小さく安定した状態であるか否かを判断する。そして、平均値FAFAVが安定した状態である旨判断されると、ステップS406に進む。ステップS406～S409の処理は、上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOの記憶を行うためのものである。また、上記ステップS402（図13）～S405（図14）の処理のうち、いずれか一つでも否定判定（NO）であれば、ECU92は、

この故障診断ルーチンを一旦終了する。

【0094】ECU92は、上記ステップS406（図14）の処理として、SCV48に対して閉弁指示がなされているか否かを判断する。そして、閉弁指示がなされていないば、ステップS407の処理で現在の平均値FAFAVを閉時平均値FAFAVCとしてRAM95に記憶し、ステップS408の処理でSCV48に対し運転状態に関係なく強制的に開弁指示を行う。このように開弁指示を行うと基本燃料噴射量QbseがSCV閉用の値からSCV開用の値へと変更されるが、SCV48に例えば閉弁位置での固着といった異常が発生している場合、SCV48が開弁位置に制御されることはない。

【0095】従って、SCV48が開弁位置に位置した状態にあるにもかかわらず基本燃料噴射量QbseがSCV開用の値となるため、エンジン11の空燃比が理論空燃比からずれることとなる。この空燃比を理論空燃比へと制御すべくフィードバック補正係数FAFが基準値「1.0」から離れた値へと増減され、同補正係数FAFによる燃料噴射量のフィードバック補正が行われる。こうした燃料噴射量補正により空燃比が理論空燃比に制御されると、フィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVが安定した状態となり、ステップS405の処理でYESと判断されてステップS406に進むようになる。

【0096】この場合、SCV48に対して開弁指示がなされているため、上記ステップS406の処理においては、閉弁指示中でない旨判断されてステップS409に進む。ECU92は、ステップS409の処理で現在の平均値FAFAVを開時平均値FAFAVOとして記憶し、ステップS410の処理でSCV48に対し閉弁指示を行う。なお、上記においては、閉弁指示がなされている状態から強制的に開弁指示がなされる場合について説明したが、開弁指示がなされている状態から強制的に閉弁指示がなされる場合もある。

【0097】即ち、エンジン11の始動後において、最初に上記ステップS406に進んだとき、SCV48に対し開弁指示がなされている状態であれば、ECU92は、まずステップS409の処理で現在の平均値FAFAVが開時平均値FAFAVOとしてRAM95に記憶される。その後、ECU92は、ステップS410の処理として、SCV48に対し運転状態に関係なく強制的に閉弁指示を行う。このように閉弁指示を行うと基本燃料噴射量QbseがSCV開用の値からSCV閉用の値へと変更されるが、SCV48に例えば閉弁位置での固着といった異常が発生している場合、SCV48が開弁位置に制御されることはない。

【0098】従って、SCV48が開弁位置に位置した状態にあるにもかかわらず基本燃料噴射量QbseがSCV閉用の値となるため、エンジン11の空燃比が理論空燃比からずれることとなる。この空燃比を理論空燃比へ

と制御すべくフィードバック補正係数FAFが基準値「1.0」から離れた値へと増減され、同補正係数FAFによる燃料噴射量のフィードバック補正が行われる。こうした燃料噴射量補正により空燃比が理論空燃比に制御されると、フィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVが安定した状態となり、ステップSステップS405の処理でYESと判断されてステップS406に進むようになる。

【0099】この場合、SCV48に対して閉弁指示がなされているため、上記ステップS406の処理においては、閉弁指示中である旨判断されてステップS407に進む。ECU92は、ステップS407の処理で現在の平均値FAFAVを閉時平均値FAFAVCとしてRAM95に記憶し、ステップS408の処理でSCV48に対し開弁指示を行う。上記ステップS408とステップS410とのいずれかの処理を実行した後、ステップS411に進む。

【0100】ステップS411の処理は、ステップS412の処理でSCV48での異常発生の有無を判断するのに必要な上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOがRAM95に記憶されているか否かを判断するためのものである。そして、上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOがRAM95に記憶されていないければ、この故障診断ルーチンを一旦終了する。また、上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOがRAM95に記憶されていれば、ステップS412に進む。

【0101】ECU92は、ステップS412の処理として、上記閉時平均値FAFAVCと開時平均値FAFAVOとの差分が判定値a以上か否かに基づき、SCV48での異常発生の有無を判断する。SCV48に閉弁位置や開弁位置での固着といった異常が発生している場合、上述したように閉弁指示中でのフィードバック補正係数FAF、若しくは開弁指示中でのフィードバック補正係数FAFが基準値「1.0」から離れた値となる。そのため、上記SCV48の異常発生時には、閉時平均値FAFAVC若しくは開時平均値FAFAVOが基準値「1.0」に対して離れた値になり、それら平均値FAFAVC、FAFAVOの差分が判定値a以上になる。従って、同差分が判定値a以上か否かに基づき、SCV48での異常発生の有無を判断することができる。

【0102】上記ステップS412の処理において、閉時平均値FAFAVCと開時平均値FAFAVOとの差分が判定値a以上であり、SCV48に異常有りの旨判断されると、ステップS413に進む。ECU92は、ステップS413の処理で、異常発生フラグF2として「1（異常有り）」をバックアップRAM96の所定領域に記憶する。このように「F2=1」とされると、ECU92は、例えば自動車の計器パネルに設けられる警告灯を点灯させ、運転者にSCV48に異常が発生して

いることを知らせる。

【0103】上記ステップS413の処理を実行した後、ステップS414に進む。また、上記ステップS412の処理において、閉時平均値FAFAVCと開時平均値FAFAVOとの差分が判定値a以上でなく、SCV48に異常無し旨判断される場合も、ステップS414に進む。ECU92は、ステップS414の処理で、診断完了フラグF1として「1（完了）」をRAM95の所定領域に記憶した後、この故障診断ルーチンを一旦終了する。このように診断完了フラグF1が「1」とされると、ステップS401の処理でNOと判断されるようになり、ステップS412の処理において異常発生の有無が判断されることはなくなる。

【0104】以上詳述した処理が行われる本実施形態によれば、以下に示す効果が得られるようになる。

(1) 機関運転状態が安定した状態にあって、SCV48に対し閉弁指示がなされているときの平均値FAFAV（閉時平均値FAFAVC）と、SCV48に対し開弁指示がなされているときの平均値FAFAV（開時平均値FAFAVO）とに基づきSCV48での異常発生の有無が判断される。上記閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOは、機関運転状態が安定した状態での平均値FAFAVであることから変動が少ないものとなる。従って、それら閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOに基づきSCV48の異常発生の有無の判断を行うことで、同異常発生の有無の判断を正確なものとすることができる。

【0105】(2) 機関運転状態が安定した状態であるとき、SCV48に対する指示が強制的に閉弁指示と開弁指示との間で切り換えられ、この切換前後におけるフィードバック補正係数FAFがそれぞれ閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOとして記憶される。上記のようにSCV48の強制的な切換指示を行うことで、閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOの記憶を短時間で行うことができる。そして、それら閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOに基づきSCV48の異常発生の有無を短時間で判断し、SCV48の故障診断に要する時間を短くすることができる。また、SCV48の故障診断に要する時間が短くなると、上記故障診断中にエンジン11の運転状態が変化することが少なくなるため、この運転状態の変化等によって同故障診断に悪影響が及ぶのを抑制することができる。

【0106】(3) 上記SCV48の強制的な切換指示は、エンジン11の運転状態が切換許可領域、即ち同切換指示に伴い基本燃料噴射量QbseがSCV閉用の値とSCV開用の値との間で変化しても、機関出力トルクの変化が過度に大きくなることのないエンジン11の運転領域に位置する状態であることを条件に行われる。従って、SCV48の故障診断を行うべく上記強制的な切換

指示を行う際、機関出力トルクが過度に変化してドライバビリティが悪化するのを抑制することができる。

【0107】(4) 閉時平均値FAFAVC及び開時平均値FAFAVOに基づくSCV48での異常発生の有無の判断が、エンジン11の始動から停止までの間に一回でも行われると、今回のエンジン11の運転中に再度、上記異常発生の有無の判断が行われることはなくなる。従って、閉時平均値FAFAVCと開時平均値FAFAVOとの両方を記憶するための強制的なSCV48の開弁指示若しくは閉弁指示が不必要に行われることはなくなる。そのため、不必要に上記強制的な指示(切換指示)が行われることにより、上記切換指示に伴う機関出力トルクの変化が多発するのを抑制することができる。

【0108】(第2実施形態)次に、本発明の第2実施形態を図15～図18に基づき説明する。本実施形態では、SCV48に対し開弁指示がなされているときの空燃比学習値KG(i) (開時学習値KG(i) O)と、SCV48に対し閉弁指示がなされているときの空燃比学習値KG(i) (閉時学習値KG(i) C)とに基づき、SCV48での異常発生の有無を判断する。上記空燃比学習値KG(i)は、上述したように、機関運転状態が安定しているときにフィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVを所定範囲(「 $1-\alpha \sim 1+\alpha$ 」)に収束させるべく増減するものである。

【0109】そして、機関運転状態が安定している状態にあって、SCV48に対する開弁指示中に平均値FAFAVが所定範囲に収束したときの空燃比学習値KG(i)が開時学習値KG(i) Oとして記憶(学習)される。また、機関運転状態が安定している状態にあって、SCV48に対する閉弁指示中に平均値FAFAVが所定範囲内に収束したときの空燃比学習値KG(i)が閉時学習値KG(i) Cとして記憶(学習)される。

【0110】上記閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oは、各空燃比学習領域i毎にそれぞれ学習されるものである。通常、一つの空燃比学習領域iにおいては、SCV48に対し閉弁指示か開弁指示かのいずれかが行われるが、本実施形態ではSCV48の故障診断のために同SCV48に対し通常の指示と逆の指示も行い、閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oの学習を行う。即ち、例えば通常は閉弁指示が行われるが空燃比学習領域iでは、最初に閉弁指示中の空燃比学習値KG(i)を閉時学習値KG(i) Cとして学習し、その後通常指示と逆の指示である開弁指示を行って、そのときの空燃比学習値KG(i)を開時学習値KG(i) Oとして学習する。

【0111】上記のように所定の空燃比学習領域iでの閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oの学習を行った後、それら閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oに基づきSCV48での異常発生の有無を

判断する。こうしたSCV48での異常発生の有無の判断を各空燃比学習領域i毎に行い、異常発生有りの旨判断される空燃比学習領域iの数が所定値bよりも多くなると、SCV48に異常が発生している旨判断する。

【0112】このように本実施形態では、SCV48での異常発生の有無の判断の仕方のみが第1実施形態と異なっている。従って、本実施形態においては第1実施形態と異なる部分についてのみ説明し、その他の第1実施形態と同一部分については詳細な説明を省略する。

【0113】図15は、本実施形態の故障診断ルーチンを示すフローチャートである。この故障診断ルーチンは、ECU92を通じて例えば所定時間毎の時間割り込みにて実行される。

【0114】故障診断ルーチンにおいては、ステップS507の処理により、上記閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oに基づきSCV48での異常発生の有無が判断される。故障診断ルーチンにおけるステップS501～S506の処理は、上記閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oに基づくSCV48の故障診断を実行できる状態か否かを判断するためのものである。

【0115】ECU92は、ステップS501の処理で空燃比フィードバック制御の実行中か否かを判断し、ステップS502の処理で診断完了フラグF3として「0(未完了)」がRAM95の所定領域に記憶されているか否かを判断する。この診断完了フラグF3は、既にSCV48に故障が発生している旨の判断がなされているか否かを判断するためのものであり、異常発生有りの旨判断される空燃比学習領域iの数が所定値bよりも多くなったとき「1」とされ、エンジン11の停止時には「0」とされる。

【0116】上記ステップS501、S502のいずれか一方の処理でNOと判断された場合、ECU92は、この故障診断ルーチンを一旦終了する。また、ステップS501、S502の処理で共にYESと判断された場合はステップS503に進む。ECU92は、ステップS503において、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iについて、所定の空燃比学習領域iから他の空燃比学習領域iへの変化が無いかなかを判断する。そして、例えばエンジン11の定常運転時など、上記のような空燃比学習領域iの変化が無く、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iが一定である旨判断されると、ステップS504に進む。

【0117】ECU92は、ステップS504の処理において、現在のエンジン11の運転状態が各空燃比学習領域iの内のいずれに位置する状態かを判定する。ECU92は、続くステップS505の処理として、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iにおいて、上述した閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの両方の学習が完了しているか否かを判断す

る。このステップS505の処理でNOと判断されると、ステップS508に進む。ステップS508の処理は、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iで、閉時学習値KG(i) C若しくは開時学習値KG(i) Oの学習を行うためのものである。ECU92は、ステップS508の処理を実行した後、この故障診断ルーチンを一旦終了する。

【0118】ここで、上記ステップS508の処理について、図16を参照して詳しく説明する。図16は、上記閉時学習値KG(i) C若しくは開時学習値KG(i) Oの学習を行うための学習処理ルーチンを示すフローチャートである。この学習処理ルーチンは、故障診断ルーチン(図15)におけるステップS508の処理に進む毎にECU92を通じて実行される。

【0119】学習処理ルーチンにおいて、ステップS601の処理は、上記閉時学習値KG(i) C若しくは開時学習値KG(i) Oの学習を行うことが可能な状態か否かを判断するためのものである。ECU92は、ステップS601の処理として、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iの空燃比学習値KG(i)が安定しているか否かを判断する。そして、上記空燃比学習値KG(i)が安定していなければ、ECU92は、上記学習が不可能である旨判断して、この学習処理ルーチンを一旦終了し、処理を故障診断ルーチン(図15)に戻す。また、同空燃比学習値KG(i)が安定していれば、上記学習が可能である旨判断してステップS602に進む。

【0120】ECU92は、ステップS602の処理として、SCV48に対する閉弁指示中であるか否かを判断する。そして、YESであればステップS603の処理で、現在の空燃比学習値KG(i)を閉時学習値KG(i) CとしてRAM95の所定領域に記憶(学習)する。また、NOであればステップS604の処理で、現在の空燃比学習値KG(i)を開時学習値KG(i) Oとして記憶(学習)する。

【0121】通常は一つの空燃比学習領域iにおいて、SCV48に対し閉弁指示か開弁指示かのいずれかが行われる。従って、通常時にSCV48に対し閉弁指示がなされる空燃比学習領域iにエンジン11の運転状態が位置する状態であって、通常どおり上記閉弁指示がなされていれば、上記ステップS603の処理により閉時学習値KG(i) Cの記憶が行われる。また、通常時にSCV48に対し開弁指示がなされる空燃比学習領域iにエンジン11の運転状態が位置する状態であって、通常どおり上記開弁指示がなされていれば、上記ステップS604の処理により開時学習値KG(i) Oの記憶が行われる。

【0122】上記のようにステップS603とステップS604とのいずれかの処理を実行した後、ECU92は、この学習処理ルーチンを一旦終了して処理を故障診

断ルーチンに戻す(図15)。なお、RAM95に記憶された閉時学習値KG(i) C及び開時学習値KG(i) Oは、エンジン11の停止時に初期値(例えば「0」)に戻される。

【0123】ところで、故障診断ルーチンにおけるステップS503の処理において、例えばエンジン11の過渡運転時など、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iが他の空燃比学習領域iへと変化した旨判断されると、ステップS509に進む。このステップS509の処理は、所定の空燃比学習領域iにおいてSCV48に対する弁位置の指示を通常と逆にするためのものである。

【0124】そして、弁位置の指示が通常の状態であるときに上記ステップS508の処理を行うとともに、弁位置の指示が通常と逆の状態であるときに同ステップS508の処理を行うことにより、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの両方の学習を行うことが可能になる。

【0125】なお、SCV48に対する弁位置の指示が通常と逆にされるのは、エンジン11の過渡時など同エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iが他の空燃比学習領域iへの変化したときである。こうしたエンジン11の過渡時等のときに、SCV48に対する弁位置の指示を通常と逆にすることで、SCV48に対する弁位置の指示を切り換える際に、燃焼室16に充填される混合気の量が変化して機関出力トルクが変化し、これに伴い発生するショックを運転者が感知しにくくなる。

【0126】ここで、上記ステップS509の処理について、図17を参照して詳しく説明する。図17は、SCV48に対する弁位置を通常と逆にするためのSCV切換指示ルーチンを示すものである。SCV切換指示ルーチンは、故障診断ルーチン(図15)のステップS509に進む毎にECU92を通じて実行される。

【0127】SCV切換指示ルーチンにおいて、ECU92は、ステップS701の処理として、現在のエンジン11の運転状態が各空燃比学習領域iの内のいずれに位置する状態かを判定する。ECU92は、続くステップS702の処理として、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iが、通常時にSCV48に対し閉弁指示を行う空燃比学習領域iであるか否かを判断する。そして、通常時に閉弁指示を行う空燃比学習領域iである旨判断されると、ステップS703に進む。

【0128】ECU92は、ステップS703の処理として、エンジン11の運転状態に対応した空燃比学習領域iにおいて、既に故障診断ルーチン(図15)のステップS508の処理により閉時学習値KG(i) Cの学習が完了しているか否かを判断する。そして、同学習が完了していなければECU92は当該SCV切換指示ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチンに戻し、同



学習が完了していればステップS704 (図17) に進む。ECU92は、ステップS704の処理として、SCV48に対する弁位置の指示を通常の閉弁指示と逆の開弁指示とした後、このSCV切換指示ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチン (図15) に戻す。

【0129】上記のようにステップS509の処理により、SCV48に対する弁位置の指示が通常の開弁指示と逆である開弁指示にされた後、ECU92は、故障診断ルーチンを一旦終了する。SCV48に対する弁位置の指示が通常の開弁指示と逆である開弁指示にされると、故障診断ルーチンのステップS508の処理により開時学習値KG(i) Oの学習が行われ、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの両方の学習が完了する。

【0130】一方、SCV切換指示ルーチン (図17) におけるステップS702の処理で、エンジン11の運転状態に対応した空燃比学習領域iが、通常時に閉弁指示を行う空燃比学習領域iでない (通常時に開弁指示を行う空燃比学習領域iである) 旨判断されると、ステップS705に進む。

【0131】ECU92は、ステップS705の処理として、エンジン11に対応した空燃比学習領域iにおいて、既に故障診断ルーチン (図15) のステップS508の処理により開時学習値KG(i) Oの学習が完了しているか否かを判断する。そして、同学習が完了していなければECU92は当該SCV切換指示ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチンに戻し、同学習が完了していればステップS706 (図17) に進む。ECU92は、ステップS706の処理として、SCV48に対する弁位置の指示を通常の開弁指示と逆の開弁指示とした後、このSCV切換指示ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチン (図15) に戻す。

【0132】上記のようにステップS509の処理により、SCV48に対する弁位置の指示が通常の開弁指示と逆である開弁指示にされた後、ECU92は、故障診断ルーチンを一旦終了する。上記のようにSCV48に対する弁位置の指示が通常の開弁位置と逆である開弁指示にされると、故障診断ルーチンにおけるステップS508の処理により閉時学習値KG(i) Cの学習が行われ、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの両方の学習が完了する。

【0133】閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの両方の学習が完了すると、ステップS505の処理でYESと判断されてステップS506に進むようになる。ECU92は、ステップS506の処理で、後述する異常判断完了フラグF5(i) として「0 (未完了)」がRAM95の所定領域に記憶されているか否かを判断する。この異常判断完了フラグF5(i) は、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iにて、既に閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i)

Oとに基づくSCV48での異常発生の有無の判断が行われているか否かを判断するためのものであり、各空燃比学習領域i毎にそれぞれ設定されるものである。そして、異常判断完了フラグF5(i) は、上記異常発生の有無の判断がすでに行われているときに「1 (完了)」とされ、エンジン11の停止時に「0」とされる。

【0134】上記ステップS506の処理において、「F5(i) = 0」でない旨判断されると、ECU92は、この故障診断ルーチンを一旦終了する。また、「F5(i) = 1」である旨判断されると、ステップS507に進む。ECU92は、ステップS507の処理として、SCV48での異常発生の有無を判断した後、この故障診断ルーチンを一旦終了する。

【0135】次に、上記ステップS507の処理について図18を参照して詳しく説明する。図18は、SCV48で故障が発生しているか否かを判断するためのSCV異常検出ルーチンを示すフローチャートである。このSCV異常検出ルーチンは、故障診断ルーチン (図15) におけるステップS507に進む毎にECU92を通じて実行される。

【0136】SCV異常検出ルーチンにおいて、ステップS801の処理は、ステップS801の処理で、現在のエンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iにおいて、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの差分が判定値a以上であるか否かを判断する。

【0137】SCV48に閉弁位置若しくは開弁位置での固着といった異常が発生している場合、閉弁指示若しくは開弁指示がなされているときに同指示に応じて変化する燃料噴射量が同指示に対応したものでなくなる。この状態にあつては、フィードバック補正係数FAFの増減により、燃料噴射量が空燃比を理論空燃比へと近づけるべく増減補正される。更に、学習条件が成立 (機関運転状態が安定) していることを条件に、上記フィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVが所定範囲 ( $1-\alpha \sim 1+\alpha$ ) 内に収束するよう、空燃比学習値KG(i) が増減して基準値「1.0」から離れた値になる。そして、平均値FAFAVが所定範囲内に収束すると、上記空燃比学習値KG(i) が増減することはない状態になる。

【0138】この状態にあつて、SCV48に対する閉弁指示がなされていれば、そのときの空燃比学習値KG(i) が閉時学習値KG(i) Cとして学習される。また、SCV48に対する開弁指示がなされていれば、そのときの空燃比学習値KG(i) が開時学習値KG(i) Oとして学習される。従って、SCV48に閉弁位置若しくは開弁位置での固着といった異常が発生している場合、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの差分が大きくなる。そのため、上記ステップS801の処理において、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの差分が判定値a以上であるか否かに基づき、SCV

48に異常が発生しているか否かを判断することが可能になる。

【0139】ステップS801の処理において、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの差分が判定値a以上であって、SCV48の異常有りと判断されると、ステップS802の処理として異常カウンタCKを「1」だけ加算した後にステップS803に進む。また、上記ステップS801の処理において、閉時学習値KG(i) Cと開時学習値KG(i) Oとの差分が判定値a以上でなく、SCV48での異常無しの旨判断されると、直接ステップS803に進む。なお、上記ステップS802の処理で用いられる異常カウンタCKは、SCV48の異常有りと判断された空燃比学習領域iの数を表すものである。

【0140】ECU92は、続くステップS803の処理で、現在の空燃比学習領域iに対応する異常判断完了フラグF5(i)として「1(完了)」をRAM95の所定領域に記憶する。このように異常判断完了フラグF5(i)が「1」とされると、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域iが他の空燃比学習領域iに変化しない限り、故障診断ルーチン(図15)におけるステップS506の処理でNOと判断され、ステップS801の判断処理が実行されなくなる。従って、ステップS802の判断処理は各空燃比学習領域i毎に一回行われることとなり、同判断処理においてSCV48の異常有りと判断された空燃比学習領域iの数が上記異常カウンタCKと同じ値になる。

【0141】ECU92は、ステップS804の処理として、異常カウンタCKが所定値bよりも大きい値であるか否か、即ちSCV48の異常有りと判断された空燃比学習領域iの数が所定値bよりも多いか否かを判断する。そして、「CK>b」でなければ、ECU92は、このSCV異常検出ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチンに戻す。

【0142】また、上記ステップS804の処理において、「CK>b」である旨判断されると、順次ステップS805、S806に進む。ECU92は、ステップS805の処理で異常発生フラグF4として「1(異常有り)」をバックアップRAM96の所定領域に記憶し、ステップS806の処理で診断完了フラグF3として「1(完了)」をRAM95の所定領域に記憶する。その後、ECU92は、このSCV異常検出ルーチンを一旦終了して処理を故障診断ルーチン(図15)に戻す。

【0143】上記のように異常発生フラグF4が「1(異常有り)」とされると、ECU92は、例えば自動車の計器パネルに設けられる警告灯を点灯させて運転者にSCV48に異常が発生していることを知らせる。また、上記のように診断完了フラグF3が「1(完了)」とされると、故障診断ルーチン(図15)におけるステップS502の処理でNOと判断されるようになり、上

述したステップS503～S507の処理が実行されることはなくなる。

【0144】以上詳述した処理が実行される本実施形態によれば、以下に示す効果が得られるようになる。

(5) 空燃比学習値KG(i)は、機関運転状態が安定しているとき、フィードバック補正係数FAFの平均値FAFAVを所定範囲(「 $1-\alpha \sim 1+\alpha$ 」)内に収束させるべく増減される。そして、SCV48に対する閉弁指示中に平均値FAFAVが所定範囲内に収束して空燃比学習値KG(i)が安定すると、そのときの空燃比学習値KG(i)が開時学習値KG(i)Cとして学習される。また、SCV48に対する開弁指示中に平均値FAFAVが所定範囲内に収束して空燃比学習値KG(i)が安定すると、そのときの空燃比学習値KG(i)が開時学習値KG(i)Oとして学習される。上記開時学習値KG(i)O及び閉時学習値KG(i)Cの学習に用いられる空燃比学習値KG(i)は、機関運転状態が安定した状態であるときに、フィードバック補正係数FAFが所定範囲内に収束するよう増減される値であることから変動が少ないものとなる。この空燃比学習値KG(i)を用いて学習される開時学習値KG(i)O及び閉時学習値KG(i)Cに基づきSCV48での異常発生の有無が判断されるため、同SCV48の故障診断を精度良く行うことができる。

【0145】(6) 上記閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとに基づくSCV48での異常発生の有無の判断は、各空燃比学習領域i毎にそれぞれ行われる。そして、異常有りと判断される空燃比学習領域iの数が所定値b以上あるとき、SCV48に異常が発生している旨の判断がなされ、警告灯の点灯により同異常の発生が運転者に知らされる。そのため、例えば一つの空燃比学習領域iにおいてSCV48の異常発生の有無の判断に誤りが生じ、異常発生有りと誤判断されたとしても、その誤判断に基づき直ちにSCV48に異常が発生している旨判断して警告灯が点灯されることはない。従って、SCV48の故障診断を一層精度の良いものとすることができる。

【0146】(7) 一つの空燃比学習領域iで閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとの両方の学習を行うべく、まずSCV48に対する閉弁指示と開弁指示とのいずれか一方を実行し、上記閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとのうちの一方の学習を行う。この学習が完了した後に、SCV48に対する弁位置の指示を上記と逆の指示に切り換え、上記閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとのうちの他方の学習を行う。このようにSCV48に対する弁位置の指示を行うことで、一つの空燃比学習領域iでの閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとの両方の学習を速やかに行うことができる。その結果、それら閉時学習値KG(i)Cと開時学習値KG(i)Oとのうちの一方が学習未

完となる期間は短いものとなる。従って、各空燃比学習領域  $i$  のうちのいずれかでの閉時学習値  $KG(i)$  C 及び開時学習値  $KG(i)$  O の学習開始から、SCV48 の故障診断の完了までをスムーズに行うことができるようになる。

【0147】(8) 上記のように一つの空燃比学習領域  $i$  で閉時学習値  $KG(i)$  C と開時学習値  $KG(i)$  O との両方の学習を行うためには、SCV48 に対する弁位置の指示を通常と逆にする必要が生じる。しかし、こうした通常と逆の弁位置の指示は、エンジン11の過渡運転時など、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域  $i$  が他の空燃比学習領域  $i$  へと変化したときに開始される。そのため、上記弁位置の指示を通常と逆に切り換えることに伴い燃料噴射量が増加し、燃焼室16に充填される混合気の量が増加してショックが発生したとしても、そのショックを運転者が感知しにくくなる。

【0148】(9) 各空燃比学習領域  $i$  毎での閉時学習値  $KG(i)$  C と開時学習値  $KG(i)$  O とに基づき SCV48 の異常発生の有無の判断は、エンジン11の始動から停止までの間に多くとも一回行われるだけとなる。しかも、異常有りと判断される空燃比学習領域  $i$  の数が所定値  $b$  よりも大きくなって上記警告灯が点灯された後には、上述したステップ S503～S507 の処理は行われなくなる。そのため、閉時学習値  $KG(i)$  C と開時学習値  $KG(i)$  O との両方を学習すべく SCV48 に対する弁位置の指示を通常と逆にすることが不必要に行われることはなくなり、同弁位置の指示を通常と逆に切り換えることに伴う上記ショックの発生を抑制することができる。

【0149】なお、上記各実施形態は、例えば以下のように変更することもできる。

・第2実施形態では、閉時学習値  $KG(i)$  C と開時学習値  $KG(i)$  O との両方を学習するため、最初に SCV48 に対し通常の弁位置の指示を行った後、通常と逆の弁位置の指示を行ったが、本発明はこれに限定されない。即ち、最初に最初に通常と逆の弁位置の指示を行った後、通常の弁位置の指示を行うことにより、閉時学習値  $KG(i)$  C と開時学習値  $KG(i)$  O との両方の学習を行ってもよい。

【0150】・第2実施形態では、エンジン11の運転状態に対応する空燃比学習領域  $i$  が他の空燃比学習領域  $i$  へと変化するときに、SCV48 に対する弁位置の指示を通常と逆に切り換えたが、本発明はこれに限定されない。例えば、エンジン11の運転状態が一つの空燃比学習領域  $i$  に継続して位置する状態であるとき、上記弁位置の指示を切り換えてもよい。

【0151】・第2実施形態では、SCV48 の異常有りと判断される空燃比学習領域  $i$  の数が所定値  $b$  よりも多くなったとき、SCV48 に異常が発生していると判断して警告灯を点灯したが、本発明はこれに限定されな

い。例えば、SCV48 の異常有りと判断される空燃比学習領域  $i$  が一つでもあれば、他だちに警告灯を点灯するようにしてもよい。この場合、速やかに運転者に SCV48 の異常発生を知らせることができる。

【0152】・第1実施形態において、エンジン11の運転状態が学習許可領域にあることを条件に強制的な SCV48 の切換指示を行ったが、必ずしも上記条件に従って強制的な SCV48 の切換指示を行う必要はない。

【0153】・第1実施形態において、上記のような強制的な SCV48 の切換指示を必ずしも行う必要はない。例えば通常どおり閉弁指示がなされているときの平均値  $FAFAV$  を閉時平均値  $FAFAVC$  として記憶し、同じく通常どおり開弁指示がなされているときの平均値  $FAFAV$  を開時平均値  $FAFAVO$  として記憶する。そして、それら閉時平均値  $FAFAVC$  と開時平均値  $FAFAVO$  とに基づき SCV48 での異常発生の有無を判断してもよい。この場合、強制的に SCV48 の開閉状態が切り換えられることがないため、同切り換えに伴う機関出力トルクの変化(ショック)が生じることはなくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の故障診断装置が適用されるエンジン11の吸気系を示す概略図。

【図2】同エンジン11の内部構造を示す断面図。

【図3】上記燃料噴射量制御装置の電気的構成を示すブロック図。

【図4】最終燃料噴射量  $Q_{fin}$  の算出手順を示すフローチャート。

【図5】SCV閉弁指示時及びSCV開弁指示時におけるエンジン回転数  $NE$  の変化に対する基本燃料噴射量  $Q_{bse}$  の推移をグラフ。

【図6】酸素センサの出力信号  $S$  及びフィードバック補正係数  $FAF$  の時間経過に伴う推移を示すタイムチャート。

【図7】フィードバック補正係数  $FAF$  の算出に用いられる積分量  $KiL$ 、 $KiR$  及びスキップ量  $RsL$ 、 $RsR$  の概念を示すタイムチャート。

【図8】フィードバック補正係数  $FAF$  の算出手順を示すフローチャート。

【図9】空燃比学習値  $KG(i)$  の算出手順を示すフローチャート。

【図10】空燃比学習値  $KG(i)$  の学習が行われるときの平均値  $FAFAV$  を空燃比学習領域  $i$  毎に示すグラフ。

【図11】SCVに対する弁位置の指示が閉弁指示から開弁指示に切り換えられたときの、SCVの開閉状態、基本燃料噴射量  $Q_{bse}$ 、及び平均値  $FAFAV$  の推移を示すタイムチャート。

【図12】SCVに対する弁位置の指示が閉弁指示から開弁指示に切り換えられたときの、SCVの開閉状態、

基本燃料噴射量 $Q_{bse}$ 、及び平均値 $F A F A V$ の推移を示すタイムチャート。

【図13】SCVの故障診断手順を示すフローチャート。

【図14】SCVの故障診断手順を示すフローチャート。

【図15】第2実施形態におけるSCVの故障診断手順を示すフローチャート。

【図16】閉時学習値 $KG(i)C$ 及び開時学習値 $KG(i)O$ の学習処理手順を示すフローチャート。

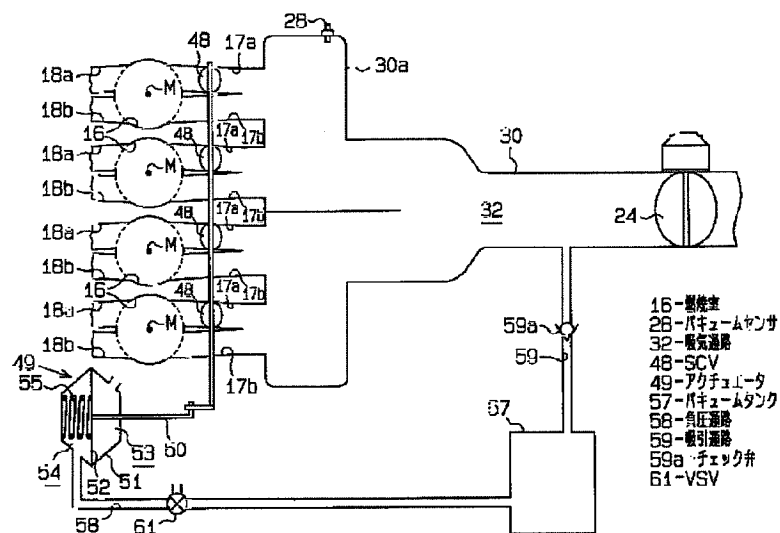
【図17】SCVに対する弁位置の指示を通常の指示と逆の指示に切り換える手順を示すフローチャート。

【図18】SCVにおける異常発生の有無を判断する手順を示すフローチャート。

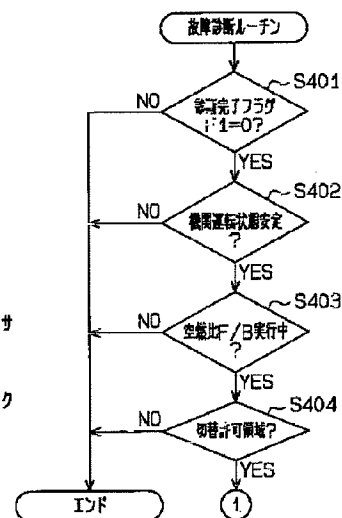
【符号の説明】

11…エンジン、14c…クランクポジションセンサ、16…燃焼室、28…バキュームセンサ、32…吸気通路、34…酸素センサ、40…燃料噴射弁、48…スワールコントロールバルブ（SCV）、49…アクチュエータ、57…バキュームタンク、58…負圧通路、59…吸引通路、59a…チェック弁、61…バキュームスイッチングバルブ（VSV）、92…電子制御ユニット（ECU）。

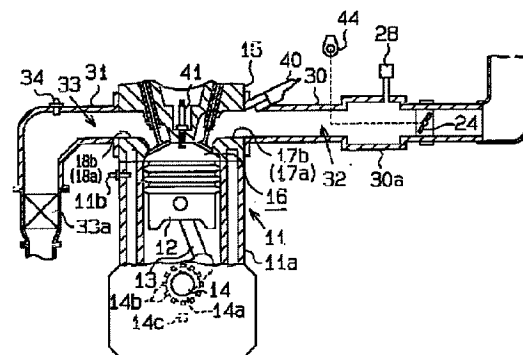
【図1】



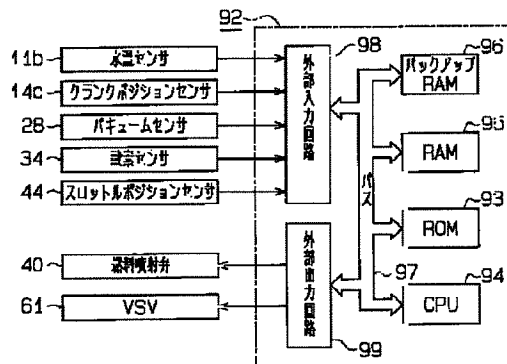
【図13】



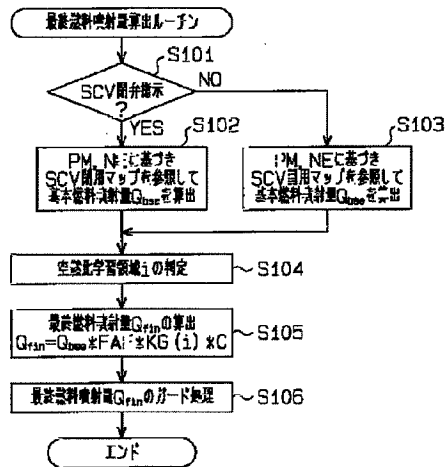
【図2】



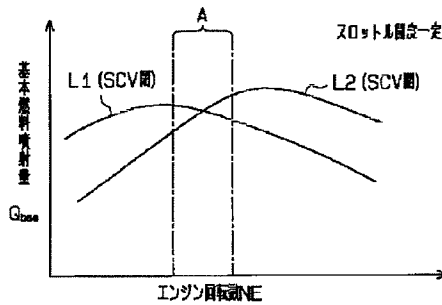
【図3】



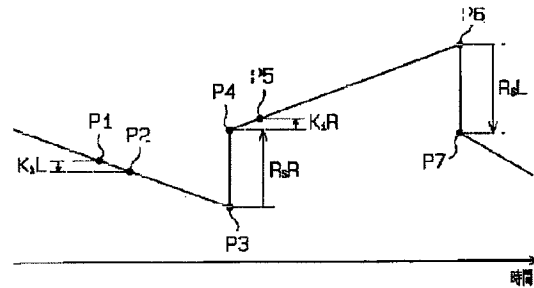
【図4】



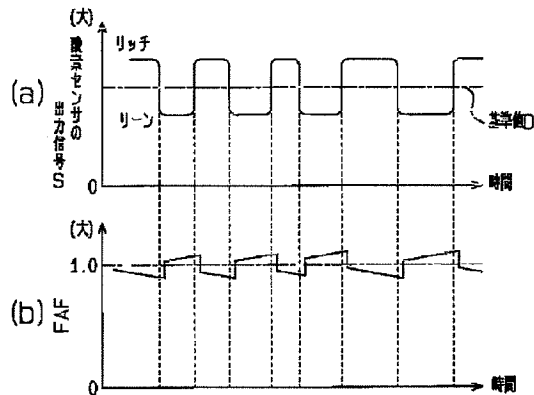
【図5】



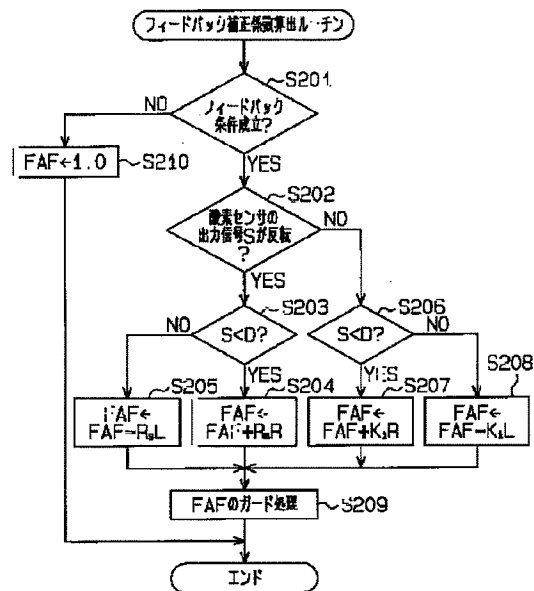
【図7】



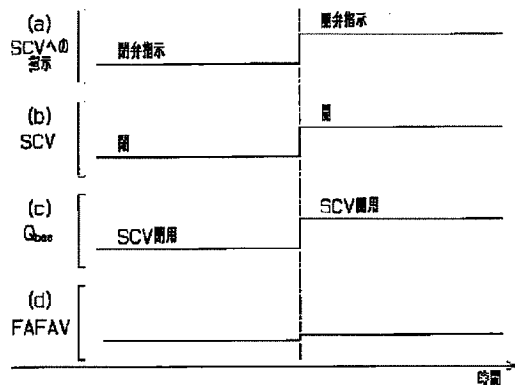
【図6】



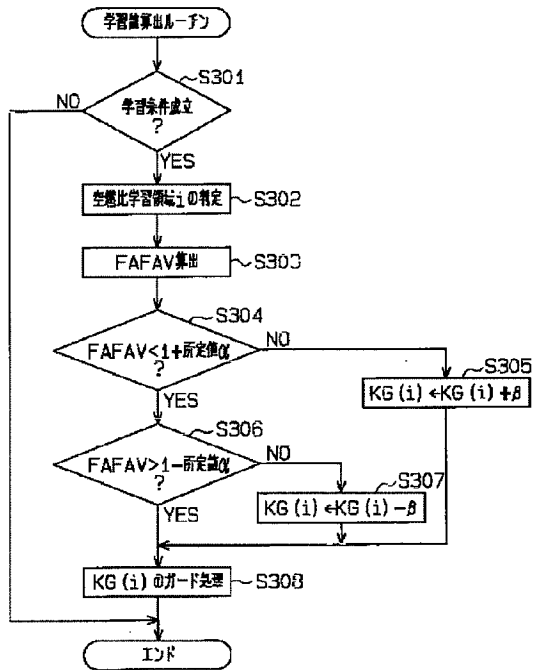
【図8】



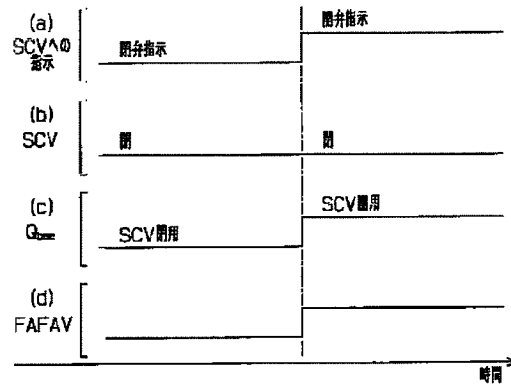
【図11】



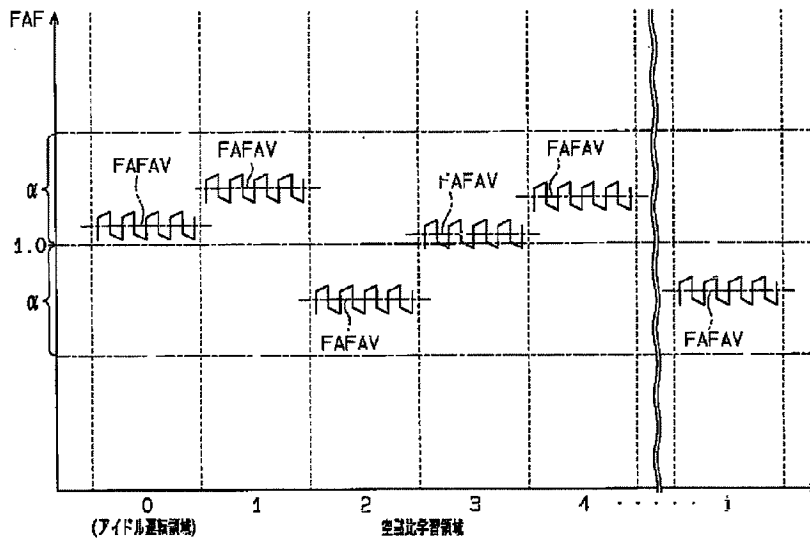
【図9】



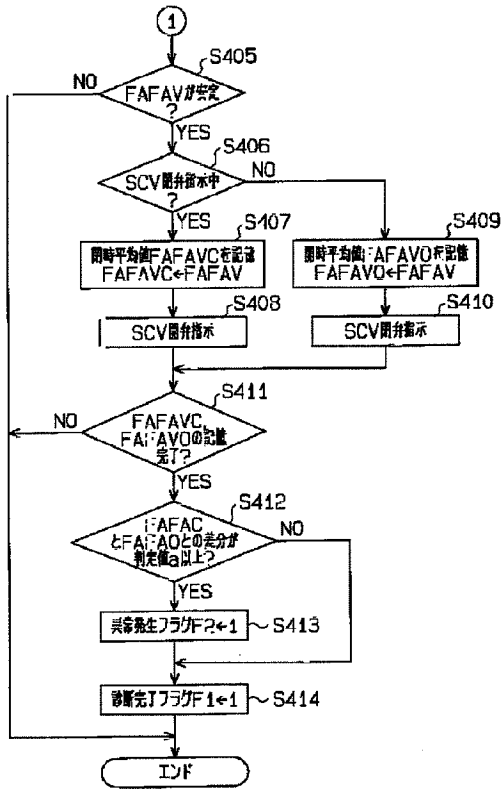
【図12】



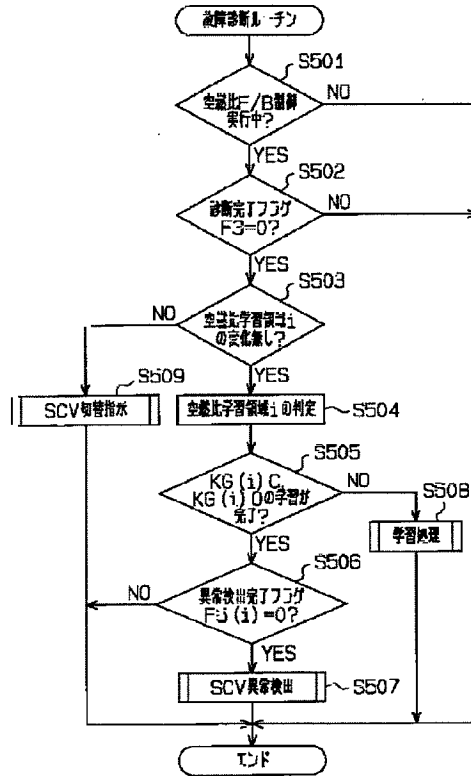
【図10】



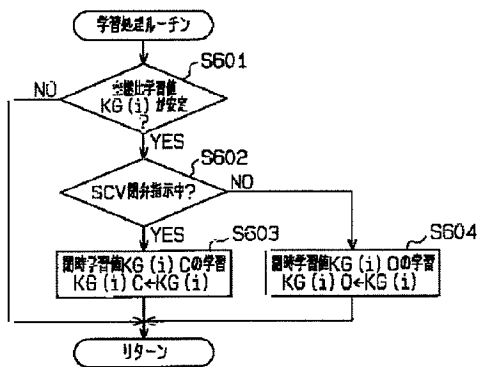
【図14】



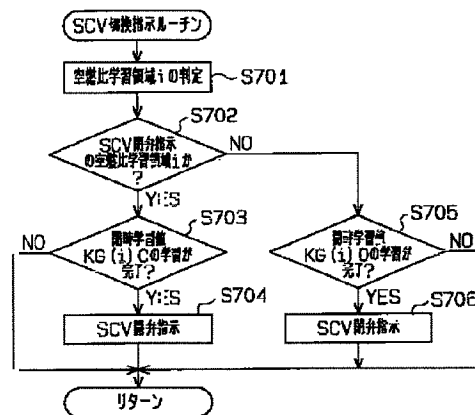
【図15】



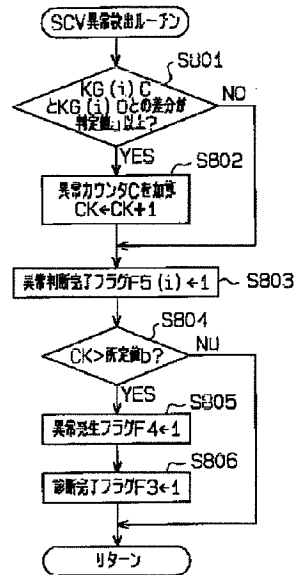
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
F 0 2 D 41/14	3 3 0	F 0 2 D 41/14	3 3 0 A
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 H
			3 0 1 U
			3 0 1 K
F 0 2 M 35/104		F 0 2 M 35/10	1 0 2 R

(72)発明者 柴垣 信之  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

Fターム(参考) 3G065 AA04 AA06 AA07 CA34 CA35  
CA38 DA02 EA07 EA10 GA01  
GA09 GA41 HA02 KA03  
3G084 BA00 BA05 BA09 BA13 CA05  
DA27 DA31 EA11 EB09 EB12  
EB18 EB20 EB22 EB25 EC01  
EC04 FA10 FA11 FA20 FA29  
FA32 FA33 FA38  
3G301 HA06 HA10 JB02 KA06 LA05  
LB02 LC07 MA01 MA11 ND40  
PB03Z PD02Z